UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1940-1941. — N° 317

ÉTUDE HISTORIQUE ET CRITIQUE, RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR LES PROTÉIDES DE L'ARACHIDE

(Arachis Hypogæa)

THÈSE POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

Mention Pharmacie

Présentée et soutenue publiquement, le lundi 23 juin 1941,

PAR

Mme SARTHOU

Née CHENILLEAU, SIMONNE, ANDRÉE, FERNANDE,
Née à Niort (Deux-Sèvres), le 8 juillet 1915.

Examinateurs de la Thèse — MM. MACHEBŒUF, Professeur..... *Président.*
LABAT, Professeur ....
CHELLE, Professeur..... *Juges.*
GOLSE, Professeur .....

F. SOULISSE-MARTIN
IMPRIMEUR — NIORT
1941

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1940-1941. — N° 317

ÉTUDE HISTORIQUE ET CRITIQUE, RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR LES PROTÉIDES DE L'ARACHIDE

(Arachis Hypogæa)

THÈSE POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

Mention Pharmacie

Présentée et soutenue publiquement, le lundi 23 juin 1941,

PAR

Mme SARTHOU

Née CHENILLEAU, SIMONNE, ANDRÉE, FERNANDE,
Née à Niort (Deux-Sèvres), le 8 juillet 1915.

Examinateurs de la Thèse

MM. MACHEBŒUF, Professeur ..... *Président.*
LABAT, Professeur .... } *Juges.*
CHELLE, Professeur ..... } *Juges.*
GOLSE, Professeur ..... } *Juges.*

F. SOULISSE-MARTIN
IMPRIMEUR — NIORT
1941

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

DOYEN : M. MAURIAC.
ASSESSEUR : M. LABAT.
DOYEN HONORAIRE : M. C. SIGALAS.

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. MOURE, DENIGÈS, BEILLE, CHAVANNAZ, C. SIGALAS, SABRAZÈS, BÉGOUIN, DUPOUY, A. MANDOUL, PETGES, GUYOT, ABADIE.

PROFESSEURS :

	MM.		MM.
Clinique médicale	MAURIAC.	Zoologie et parasitologie	R. SIGALAS.
id.	DUPÉRIÉ.	Médecine expérimentale	AUBERTIN.
Clinique chirurg. et gynécol.	JEANNENEY.	Clinique ophtalmologique	TEULIÈRES.
Clinique chirurgicale	PAPIN.	Clinique chirur. inf. et orthop.	ROCHER.
Pathologie et thérapeutique gén.	CARLES.	Clin. méd. des mal. des enfants	CRUCHET.
Clinique d'accouchements	ANDÉRODIAS.	Chimie biologique et médicale	MACHEBŒUF.
Anatomie pathol. et microsc. clin.	DAMADE.	Physique méd. et pharmaceutique	WANGERMEZ.
Anatomie	VILLEMIN.	Méd. col. et clin. mal. exotiques	BONNIN.
Anatomie générale et histologie	G. DUBREUIL.	Clin. malad. cutanées et syphilit.	N.
Hygiène	LEURET.	Clin. des mal. des voies urinaires	DUVERGEY.
Médecine légale et déontologie	LANDE.	Clin. mal. nerveuses et mentales	N.
Electroradiol. et clin. d'él. médic.	RÉCHOU.	Clin. d'oto-rhino-laryngologie	PORTMANN.
Chimie	CHELLE.	Toxicologie et hygiène appliquée	LABAT.
Botanique et matière médicale	GOLSE.	Hydrologie thérap. et climatol.	CREYX.
Pharmacie	VITTE.	Clinique odonto-stomatologique	DUBECQ.
Physiologie	FABRE.		

MM. LACOSTE (Histologie). PÉRY (Obstétrique). PERRENS (Maladies mentales). CHARRIER (Chirurgie générale).

AGRÉGÉS EN EXERCICE :

	MM.		MM.
Anatomie	DUFOUR.	Chirurgie générale	MAGENDIE.
Physiologie	FRANCK.	id.	POUYANNE.
Médecine générale	PIÉCHAUD.	Obstétrique	RIVIÈRE.
id.	DELMAS-MARSALET.	id.	MAHON.
id.	DE GRAILLY.	Ophtalmologie	BEAUVIEUX.
id.	FONTAN.	Oto-rhino-laryngologie	DESPONS.
id.	BROUSTET.	Dermatologie et syphiligraphie	JOULIA.
id.	DERVILLÉE.	Physique médicale	AURIAC.
id.	SARIC.	Chimie gén. pharm. et toxicol.	CASTAGNOU.
id.	DUBARRY.	Histoire natur. pharmaceutique	GIRARD.
Chirurgie générale	LOUBAT.	Pharmacie	MESNARD.
id.	MASSÉ.	id.	GRANGER.
id.	DARGET.	Histoire natur. méd. et parasitol.	R. MANDOUL.

COURS COMPLÉMENTAIRES :

	MM.		MM.
Médecine opératoire	N	Ophtalmologie	CABANNES (en congé).
Accouchements	RIVIÈRE.	Physique méd. et pharmaceutique	AURIAC.
Pathologie médicale	DELMAS-MARSALET.	Anatomie	J. BEAUVIEUX.
Puériculture	FAUGÈRE.	Chimie minérale	CASTAGNOU.
Zoologie et parasitologie	R. SIGALAS.	Botanique	GIRARD.
Médecine légale	DERVILLÉE.	Pharmacie galénique	MESNARD.
Urologie	DARGET.	Bactériologie	MOUREAU.
Législation pharmaceutique	POPLAWSKI.	Physiologie	LIARD.

Le Secrétaire de la Faculté : ROUGERIE.

Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les Thèses qui lui sont présentées doivent être considérés comme propres à leurs auteurs, et qu'elle entend ne leur donner ni approbation ni improbation.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

A LA MÉMOIRE DE MA MÈRE CHÉRIE

TUÉE A MES CÔTÉS,
LORS DU BOMBARDEMENT DE BORDEAUX
(NUIT DU 20 JUIN 1940)

A MON PÈRE

A MON ÉPOUX

A MES BEAUX-PARENTS

A MON FRÈRE

A MES ONCLES ET TANTES

MEIS ET AMICIS

A MES CAMARADES DU LABORATOIRE DE CHIMIE BIOLOGIQUE
DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

A Mesdemoiselles Paule HAMEL et Anita WAGNER

Aides techniques au C. N. R. S.,

dont l'habileté technique fut souvent mise à contribution dans ce travail.

A Mademoiselle Charlotte REISS

Boursière de Recherches au C. N. R. S.,
Licenciée ès sciences,

qui nous a souvent aidée dans nos recherches bibliographiques.

A Monsieur Raymond GUILLEMET

Directeur du Laboratoire de Recherches du Ravitaillement,
Docteur ès sciences,
Croix de Guerre,
Officier d'Académie,

qui nous a souvent dispensé de judicieuses critiques dont nous avons tiré profit.

A MES MAITRES DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE BORDEAUX

A MES MAITRES DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE
DE BORDEAUX

A Monsieur F. TAYEAU

Chargé de Conférences de Chimie biologique
à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Bordeaux,
Docteur ès sciences,

qui nous a guidée de ses précieux conseils.

Ce travail fut entièrement effectué auprès de lui dans le laboratoire de notre Maitre commun, M. le professeur Machebœuf, qui lui avait confié la direction de nos essais.

Hommage de profonde reconnaissance.

A MES JUGES :

Monsieur le Professeur GOLSE

Professeur de Botanique et Matière médicale
à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Bordeaux,
Docteur ès sciences,
Pharmacien des Hôpitaux,
Chevalier de la Légion d'honneur,
Officier de l'Instruction publique,

dont nous avons suivi l'enseignement avec tant d'intérêt.
Hommage respectueux.

Monsieur le Professeur CHELLE

Professeur de Chimie
à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Bordeaux,
Membre correspondant de l'Académie de Médecine,
Chevalier de la Légion d'honneur,
Officier de l'Instruction publique,

qui a bien voulu nous faire l'honneur de faire partie de notre jury.
Hommage respectueux.

Monsieur le Professeur LABAT

Professeur de Toxicologie et d'Hygiène appliquée
à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Bordeaux,
Pharmacien-Chef des Hôpitaux,
Chevalier de la Légion d'honneur,
Officier de l'Instruction publique,

auprès de qui nous avons eu l'honneur de remplir les fonctions d'interne et qui nous a toujours manifesté une extrême bienveillance, dont nous lui sommes particulièrement reconnaissante.

A NOTRE MAITRE ET PRÉSIDENT DE THÈSE :

MONSIEUR LE PROFESSEUR MACHEBŒUF

Professeur de Chimie biologique et médicale
à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Bordeaux,
Docteur ès sciences,
Chevalier de la Légion d'honneur,
Officier d'Académie,

qui, après nous avoir accueillie si aimablement dans son laboratoire. a bien voulu nous faire participer à ses recherches.

Il nous fait aujourd'hui le grand honneur de présider notre thèse.

Hommage de respectueuse reconnaissance.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41536523_0008

ÉTUDE HISTORIQUE ET CRITIQUE,
RECHERCHES EXPÉRIMENTALES
SUR LES
PROTÉIDES DE L'ARACHIDE
(*Arachis Hypogœa*)

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Historique de l'Arachide et composition de la farine déshuilée.

I. — *HISTORIQUE*

L'histoire de l'Arachide a été particulièrement bien étudiée par André [2] ; aussi ne pouvons-nous mieux faire que d'emprunter à cet auteur les lignes suivantes :

« Au mois d'avril de l'an 1500, un navigateur portugais s'embarqua pour atteindre les Indes en doublant le cap de Bonne-Espérance, comme l'avait fait trois ans plus tôt son illustre compatriote, Vasco de Gama. Entraîné par les courants, il aborda sur les côtes de l'Amérique du Sud et prit possession, au nom de la couronne de Portugal, des terres, — aujourd'hui le Brésil, — pays d'origine du Caoutchouc et de l'Arachide.

« Ce sont, en effet, les espèces sauvages du genre Arachis, que l'on rencontre uniquement au Brésil, qui ont donné les espèces culturales répandues dans le monde.

« Pour mettre en valeur leur colonie, le Brésil, les Portugais se livrèrent, comme tous les peuples coloniaux de cette époque, à la traite des noirs. Ce seraient ces derniers qui apportèrent les premières Arachides sur le littoral africain, les négriers en emportant sur leurs vaisseaux pour nourrir leur cargaison humaine.

« Le Brésil est le seul pays où l'on ait trouvé des Arachides sauvages, mais cette plante existait cultivée au Pérou bien avant

l'arrivée des Européens, et de là se serait propagée tout le long de la côte du Pacifique.

« L'Arachide se serait propagée dans le monde par les audacieux navigateurs qui cherchèrent et surent trouver la route maritime du pays des épices, aussi bien par l'Orient que par l'Occident.

« Vers la fin du XVII[e] siècle, des missionnaires furent envoyés « aux îles de l'Amérique », et étudièrent les plantes et cherchèrent à en tirer « *les huiles, les sels, les eaux* et autres minuties ».

« Mais ce n'est qu'en 1723 que l'Arachide fut cultivée pour la première fois en France. Le manque de céréales panifiables se faisant sentir, l'on fit venir du blé des Isles. Un botaniste de Montpellier, Nissole, sema dans le jardin botanique les graines étrangères que l'on retirait des criblures, parmi lesquelles l'Arachide. Nissole fut le premier à reconnaître que ces fruits prennent naissance à l'extrémité du pédoncule floral, et il mit en évidence la propriété que possède cette plante de les enfouir à quelques centimètres dans le sol peu après la fécondation, ce qui les fit prendre longtemps pour des fructifications de racines, et leur fit attribuer le nom de Arachnida (assimilation de l'Arachide à l'Arachnida discutée par Théophraste dans l'antiquité). Linné lui donne le nom de *Arachis Hypogæa.*

« Le nom populaire de cacahuète lui vient du nom sous lequel les propriétaires du Mexique désignaient le cacao : cacahualt, et que les Espagnols lui attribuèrent par confusion.

« Ce n'est que vers la fin du XVIII[e] siècle que l'Arachide fut appréciée comme espèce *oléifère.* Des essais de culture furent entrepris en Espagne et en France, en particulier dans les Landes [65 *bis*] et les Basses-Pyrénées, mais ne donnèrent pas de résultats. L'Arachide est restée ce qu'elle était lorsque les Portugais la connurent, une espèce des pays tropicaux et sub-tropicaux.

« Sa culture s'est développée au Sénégal et autres pays de l'Afrique occidentale. »

II. — *COMPOSITION DE LA FARINE DÉSHUILÉE*

L'Arachide constitue une source très précieuse d'huile comestible.

Cette huile est extraite de l'amande soit par pression, soit par les solvants organiques (essence de pétrole légère).

L'huile d'Arachide est principalement constituée par les glycérides des acides arachidique, lignocérique, oléique et linoléique. Le rendement en huile est de l'ordre de 40 % de la graine.

Après extraction de l'huile, il reste le tourteau qui représente environ 60 % de la graine. Ce tourteau, après avoir été pulvérisé et bluté, se présente sous forme d'une poudre blanc grisâtre, désignée habituellement sous le nom de farine.

Si l'huile a été extraite de l'Arachide par pression, le tourteau présente en moyenne la composition suivante :

TOURTEAU DE PRESSION :

Eau	8 %
Azote total	8,1 —
Substances lipoïdiques	7,9 —
Glucides réducteurs	Néant.
Glucides réducteurs après hydrolyse	23 à 26 %

Si l'huile a été extraite par les solvants organiques, le tourteau est mieux délipidé.

TOURTEAU DÉSHUILÉ A L'ESSENCE :

Eau	8,1 %
Azote total	9 —
Substances lipoïdiques	3 —
Glucides réducteurs	Néant.
Glucides réducteurs après hydrolyse	23 à 27 % (1)

C'est ce dernier tourteau que nous avons utilisé dans les recherches qui vont suivre.

(1) Notons que nos résultats diffèrent très nettement de certains de ceux que l'on trouve dans la littérature (Van den Bergue [88]) ou dans certains traités (Brun [12]). Par contre, ils confirment les résultats de Ritthausen [72], d'Ascham [2], ainsi que ceux indiqués par Chevalier [14 *bis*] dans son intéressante monographie.

Grâce à sa richesse en azote, le tourteau d'Arachide est habituellement utilisé dans l'alimentation du bétail.

En mai 1940, les difficultés alimentaires prévisibles incitèrent notre Maître, M. le professeur Machebœuf, à envisager l'utilisation alimentaire éventuelle pour l'homme des protéides d'Arachide.

Les tourteaux ayant malheureusement un goût désagréable, il était impossible de les utiliser tels quels dans l'alimentation humaine.

A la suite d'une longue série de recherches théoriques et techniques d'ordre chimique et biologique, M. le professeur Machebœuf et ses collaborateurs, M^lle^ C. Reiss et MM. R. Guillemet et F. Tayeau, effectuèrent des recherches qui permirent l'utilisation du tourteau dans l'alimentation humaine.

Ces recherches ont porté leurs fruits, car des quantités importantes de tourteau d'Arachide ont été consommées par l'homme cet hiver, après avoir été transformées en pâtés, en galantines, en biscuits. La plupart des pâtissiers de France, enfin, incorporent actuellement (1941) de la farine d'Arachide déshuilée à divers types de biscuits et de gâteaux.

Ces recherches sur l'utilisation des tourteaux d'Arachide dans l'alimentation humaine avaient pour base les faits suivants :

1° Rareté des sources de protéides alimentaires.

2° Richesse du tourteau en protéides.

3° Existence de stocks importants de ces tourteaux en France.

Avant de parvenir à une utilisation du tourteau d'Arachide dans l'alimentation humaine, diverses recherches préliminaires ont été nécessaires.

Les essais portant sur les protéides nous ont été confiés par M. le professeur Machebœuf. Ils font l'objet de la présente thèse.

PREMIÈRE PARTIE

ÉTUDE HISTORIQUE

PREMIÈRE PARTIE

ÉTUDE HISTORIQUE

CHAPITRE PREMIER

LES PROTÉIDES DE L'ARACHIDE

Méthode d'extraction des protéides du tourteau d'Arachide en vue de leur étude.

C'est à Ritthausen [72] que revient le mérite d'avoir étudié le premier les protéides de l'Arachide.

Cet auteur propose d'utiliser, pour leur extraction, l'eau potassée, l'eau de chaux, l'eau de baryte ou la solution de chlorure de sodium à 10 %, et de précipiter les protéides de ces solutions soit par dilution à l'aide d'eau distillée, soit en utilisant l'anhydride carbonique, l'acide sulfurique ou l'acide acétique. Après avoir été traités par l'alcool, l'éther et enfin l'alcool absolu, les protéides ainsi obtenus sont desséchés dans le vide.

Dans un intéressant mémoire, Ritthausen [72] a étudié l'action des diverses solutions extractives et a effectué sur les échantillons obtenus des dosages de carbone, d'hydrogène, d'azote, de soufre et d'oxygène.

Voici les résultats qu'il a obtenus :

	Solution extractive					
	KOH N/50		OCa N/50	OBa N/50	NaCl à 10 %	
	1re exp.	2e exp.			1re exp.	2e exp.
Carbone %	51,58	51,52	51,25	51,49	51,40	51,16
Hydrogène %	7,07	6,71	6,84	6,79	6,64	6,82
Azote %	18,13	18,48	18,33	18,03	18,10	18,68
Soufre %	0,55	0,55	0,56	0,56	0,58	0,58
Oxygène %	22,70	22,74	23,13	23,13	22,76	22,76

Ces chiffres nous montrent que les protéides d'Arachide ont une teneur en azote égale à celle de la conglutine [71], de la gliadine [70] (1) et de l'édestine [75 *bis*].

Séparation des diverses fractions.

En ce qui concerne la séparation des diverses fractions protéidiques de l'Arachide, les premiers essais ont été effectués en 1916 par Johns et Jones [34].

Ces auteurs ont remarqué que si, à une solution aqueuse chlorurée ayant épuisé de la farine d'Arachide, on ajoute de l'eau distillée, il se forme un abondant précipité.

Un précipité identique se produit si, au lieu d'ajouter de l'eau distillée à la solution, on la sature d'anhydride carbonique.

Se basant sur les conceptions de Panum [65], de Hoppe Seyler [30] et de Weyl [91], qui appellent « globuline » tout protéide qui précipite par dilution d'une solution extractive, Johns et Jones considèrent que l'abondant précipité protéidique obtenu par dilution de la solution extractive chlorurée est une globuline, à laquelle ils ont donné le nom d'*arachine*.

Cette arachine peut être facilement recueillie soit par filtration, soit par centrifugation.

(1) Résultats confirmés par la suite par Sachsse [75] et Weyl [91].

Le filtrat ou les eaux-mères, suivant la technique employée, contient encore des protéides dont on peut facilement obtenir la précipitation en saturant la solution à l'aide de sulfate d'ammonium.

Johns et Jones, qui considèrent cette seconde fraction protéidique comme une globuline, lui ont donné le nom de *conarachine*.

Il existe donc dans l'Arachide deux protéides, distincts par leurs propriétés de solubilité :

1° L'*arachine*, insoluble dans l'eau en l'absence de sels.

2° La *conarachine*, soluble dans l'eau en l'absence de sels (1).

Enfin, à côté de ces deux globulines, les auteurs ont noté la présence d'une trace d'albumine, coagulable vers 70°.

A la suite de nombreuses recherches expérimentales, Johns et Jones estiment que l'on peut encore séparer l'arachine de la conarachine, soit en portant à la dialyse contre de l'eau distillée fréquemment renouvelée la solution extractive chlorurée, soit en ajoutant à cette dernière du sulfate d'ammonium cristallisé jusqu'à ce que la solution soit saturée au tiers. Dans les deux cas, un précipité protéidique prend naissance. Les auteurs ont admis que c'était la même fraction, l'*arachine*, qui précipitait par les divers moyens : dilution, dialyse, saturation en anhydride carbonique ou tiers de saturation par le sulfate d'ammonium.

Se basant sur les nombreuses controverses qui ont eu lieu en ce qui concerne les deux fractions globuliniques du sérum sanguin (Schmidt [78], Hofmeister [29], Marcus Emil, Quinan, Porges et Spiro, Fuld, Machebœuf et Tayeau [51], Tayeau [83]), et la nécessité d'indiquer la technique ayant permis de les obtenir (Machebœuf, Tayeau et Battut [52], Thiodet et Ribère [87]), Tayeau [85] a effectué récemment une étude sur les protéides d'Arachide, afin de voir si les fractions obtenues, à l'aide des diverses méthodes proposées par Johns et Jones, étaient réellement identiques à tous les points de vue.

(1) Notons que le fait de considérer la conarachine comme une globuline est contraire aux conceptions de Weyl [91] qui estime qu'il n'existe pas de globulines végétales solubles dans l'eau.

Pour cela, l'auteur a étudié la nature des protéides précipités de leur solution en fonction de la quantité de sulfate d'ammonium ajoutée à cette solution. Les résultats qu'il a obtenus lui ont permis de remarquer que les fractions qui précipitent les premières sont bien surtout constituées par de l'arachine. Il existe bien, comme l'ont vu Johns et Jones, un palier au voisinage du tiers de saturation en sulfate d'ammonium, mais avant que la précipitation de l'arachine soit totale, il précipite également une forte proportion de la conarachine; lorsque la concentration en sulfate d'ammonium atteint le tiers de saturation, le précipité obtenu est un mélange de conarachine et d'arachine, et il ne contient pas la totalité de l'arachine.

L'arachine obtenue dans ces conditions contient 5,4 % de conarachine, tandis que ce qui ne précipite pas par le sulfate d'ammonium au tiers de saturation, et qui serait d'après Johns et Jones de la conarachine, contient 34 % d'arachine précipitable par dialyse.

Ces résultats montrent que les termes « arachine » et « conarachine » ne doivent pas être utilisés pour désigner à la fois les fractions obtenues par dialyse et par le sulfate d'ammonium au tiers de saturation.

Johns et Jones attribuent la composition centésimale suivante à l'*arachine* et à la *conarachine* :

	Arachine	Conarachine (1)
Carbone %	52,15	51,17
Hydrogène %	6,93	6,87
Azote %	18,29	18,29
Soufre %	0,40	1,09
Oxygène %	22,23	22,58

Ils ont ensuite étudié les différentes formes d'azote qui, aux erreurs d'expérience près, sont à peu près identiques dans l'arachine et dans la conarachine, exception faite pour l'azote aminé (arachine : 4,96 %; conarachine : 6,55 %). Ces résultats confir-

(1) Remarquons que la teneur en soufre diffère très nettement dans les deux protéides.

ment les expériences effectuées jadis par Osborne [59] sur les teneurs en azote aminé des divers protéides végétaux.

Quant à l'albumine, qui existe à l'état de traces dans l'Arachide, elle possède, selon Johns et Jones [35], la même composition que les légumines fréquemment rencontrées dans les graines des légumineuses [60].

Résultats de l'hydrolyse.

En utilisant la technique qu'ils avaient employée jadis pour l'hydrolyse de la kafirine, Johns et Jones [34] ont déterminé la teneur de l'arachine en divers aminoacides. Voici les résultats qu'ils ont obtenus :

	Teneur %
Glycocolle	0
Alanine	4,11
Valine	1,13
Leucine	3,88
Proline	1,37
Phénylalanine	2,60
Acide aspartique	5,25
Acide glutamique	16,69
Sérine	?
Oxyproline	?
Tyrosine	5,50
Cystine (1)	0,85
Arginine	13,51
Histidine	1,88
Lysine (2)	4,98
Tryptophane	Traces.

Par la suite, Baernstein [5] a démonté que l'arachine contient en outre 0,54 % de méthionine.

La conarachine contiendrait les mêmes aminoacides que l'arachine [34]. Voici les teneurs de la conarachine en quelques aminoacides particulièrement importants :

(1) 1,33, selon Baernstein [5].

(2) L'arachine est plus riche en lysine que les protéides végétaux suivants : légumine du pois (4,29 %) (Osborne et Clapp [61]), phaséoline du haricot (4,58 %) (Osborne [50]), gliadine du blé (1,2 %) (Osborne, Van Slyke et coll. [64]), zéine du maïs (0 %) (Osborne et Jones [61]).

Arginine	14,60 %
Histidine	1,83 —
Lysine	6,04 —
Cystine	1,07 —
Tryptophane	Traces.

Les deux protéides de l'Arachide contiendraient, selon Johns et Jones, tous les aminoacides connus.

Caractéristiques physiques.

F. Tayeau [86], dans le laboratoire où nous travaillons, a déterminé les points isoélectriques des deux principales fractions protéidiques de l'Arachide, en traçant leur courbe de solubilité en fonction du pH.

Ses résultats lui permettent de conclure que le point isoélectrique de l'arachine est situé entre pH 5,1 et 5,2, et que celui de la conarachine est voisin de 3,9.

Afin de montrer que ces deux fractions ne sont pas constituées chacune par des mélanges de protéides très différents, l'auteur les a fractionnées et a déterminé, pour chaque fraction obtenue, la courbe de solubilité en fonction du pH. Les résultats qu'il a obtenus corroborent l'existence de deux fractions différentes (1) et bien définies : l'*arachine* et la *conarachine*.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES DU CHAPITRE PREMIER

Dans ce chapitre, nous avons passé en revue les principaux travaux effectués sur la séparation, la composition chimique et les caractéristiques physiques des protéides de l'Arachide.

(1) Afin de prouver que les substances liées aux protéides (lipides et glucides) n'avaient aucune influence sur le point isoélectrique, Tayeau a effectué enfin de nouvelles courbes de solubilité en fonction du pH, après avoir pris soin d'éliminer les substances non protéidiques adsorbées sur les protéides. Les pH isoélectriques ainsi déterminés ont été les mêmes que les précédents.

Grâce aux travaux de Johns et Jones, de Baernstein et d'Osborne, on sait que la majeure partie des aminoacides connus entrent dans la constitution des protéides de l'Arachide.

On sait enfin qu'il existe deux fractions protéidiques bien distinctes: l'*arachine*, dont le point isoélectrique est voisin de pH 5,1, et la *conarachine*, dont le pH isoélectrique est d'environ 3,9.

CHAPITRE II

LES CONSTITUANTS NON PROTÉIDIQUES DE L'ARACHIDE

Glucides.

Lorsque l'on épuise de la farine de tourteau d'Arachide par un solvant convenable, afin d'extraire les protéides, il reste un résidu insoluble.

Ce résidu est presque complètement constitué par des glucides et en particulier par de la cellulose, de l'hémicellulose [92], et enfin par un complexe glucidique (1) qui a fait l'objet d'importants travaux [89]. A la suite de patientes recherches, Miyama [57] pense que ce complexe résulte de l'union d'arabane, de galactose et d'acide pectique. Mais, en caractérisant les produits de méthylation des dérivés thalliques [55] obtenus à partir de ces osides, Hirst et Jones [26-27] sont parvenus à montrer d'une manière très nette que le complexe n'est autre chose qu'un mélange (2) d'arabane et d'acide pectique (3).

Les produits résultant de l'hydrolyse de ces complexes ont fait l'objet, dans le laboratoire où nous travaillons, d'études fort intéressantes (Guillemet et Houget [23]).

Mais il existe également dans l'Arachide certains glucides intimement liés aux protéides. Ces glucides, entraînés avec les protéides lors de la précipitation de ces derniers, ont été étudiés par Guillemet et Houget, et par Tayeau.

(1) D'après Shifrin [81], ce complexe représenterait 19 % des glucides totaux.

(2) Il s'agit bien d'un mélange et non d'une combinaison [79].

(3) Les auteurs n'ont pas précisé la nature de cet acide pectique.

Guillemet et Houget [23] ont noté la présence de polyholosides utilisables dans l'industrie des fermentations.

Lors de recherches encore inédites et que l'auteur nous autorise à signaler ici, F. Tayeau est parvenu à isoler de ces glucides un hétéroside nouveau dont la partie glucidique est constituée par du glucose, et l'aglycone par un dérivé des anthocyanidols.

Alcaloïde.

Mooser [58], en 1905, serait parvenu à caractériser de faibles quantités d'un alcaloïde dans la farine d'Arachide. Selon cet auteur, cet alcaloïde serait liquide et répondrait à la formule $C_5H_{13}N_2O$.

Des essais effectués sur la toxicité de cet alcaloïde auraient même montré la production de paralysies passagères chez le lapin et chez la grenouille. Mais, depuis lors, aucun travail n'est venu confirmer l'existence de cet alcaloïde sur lequel il subsiste un doute.

Eléments minéraux.

L'étude des cendres de la farine d'Arachide a mis en évidence la présence de cobalt [1], de traces infimes d'arsenic [18] et de phosphore (1) [72].

Vitamines.

La farine d'Arachide, dans laquelle on n'a pas pu caractériser la vitamine A (von Euler et Ahlstrom [20]), contient du carotène (Fraps, Treichler et Kemmerer [12]).

Les vitamines B_1 (Sherwood et Halverson [80]), B_2 (Jukes [39]), B_4 (Kline Kird, Helvelyem et Hart [41]) et PP (Ascham [3]) ont été signalées dans le tourteau d'Arachide.

(1) On a pu montrer que ce phosphore ne provient pas seulement des phosphatides et des protéides phosphorés, mais des phosphates minéraux.

Produits divers.

Notons enfin que la farine d'Arachide contient de la choline et de la bétaïne (12).

CONCLUSIONS GÉNÉRALES DU CHAPITRE II

Dans ce chapitre, nous avons brièvement envisagé les constituants non protéidiques de la farine de tourteau d'Arachide.

Les glucides, qui représentent 23 à 26 % du poids total, sont constitués par des holosides (saccharose), de l'amidon, de la cellulose, des hémicelluloses, un hétéroside, et enfin par un complexe qui est un mélange d'acide pectique et d'arabane.

On rencontre également dans l'Arachide un alcaloïde, des éléments minéraux, de la choline, de la bétaïne et enfin des vitamines.

CHAPITRE III

VALEUR ALIMENTAIRE DU TOURTEAU D'ARACHIDE

Arachide et croissance.

A la suite des recherches de Johns et Jones [34] sur la composition en aminoacides des protéides de l'Arachide, un grand nombre de travaux ont été entrepris sur la valeur alimentaire et le rôle de cette plante dans la croissance.

Daniels et Loughlin [15] avaient constaté jadis que les protéides totaux de l'Arachide étaient propices à la croissance des jeunes animaux.

Mais plus tard, Sure [82 *bis*], en utilisant la méthode de fractionnement proposée par Johns et Jones, préparait de l'arachine, dont il étudiait la valeur comme aliment azoté.

Les résultats qu'il obtint permirent de conclure que ce protéide se montre impropre à la croissance des jeunes rats, même lorsqu'il est additionné de cystine, de tryptophane, d'alanine, de valine, de proline et de leucine sous forme de diverses combinaisons. Seule l'addition de lactalbumine à l'arachine permet d'obtenir des résultats satisfaisants.

Se basant sur les travaux de Osborne et Mendel, puis de Rose et ses collaborateurs [74], de nombreux auteurs [82] pensèrent que l'arachine était peu propice à la croissance en raison de sa faible teneur en lysine et en méthionine, mais Baernstein [5], dans un fort intéressant mémoire, montra l'inexactitude de cette conception.

Au cours de toutes récentes recherches, que les auteurs nous autorisent à signaler ici, Macheboeuf et Tayeau ont recherché la présence dans les protéides d'Arachide d'acide α-amino-β-oxybutyrique (ou thréonine). Les résultats qu'ils ont obtenus montrent que si l'Arachide contient de la thréonine, ce n'est qu'à l'état de traces. Cela permettrait d'expliquer l'insuffisance de l'Arachide pour assurer à elle seule la croissance des jeunes animaux, car la thréonine est un aminoacide indispensable à la croissance. Les protéides de l'Arachide ne pourraient servir que de complément à une ration comprenant déjà de la thréonine.

Digestibilité des protéides de l'Arachide.

On a cru pouvoir expliquer l'insuffisance de l'Arachide pour assurer la croissance par son manque de digestibilité.

C'est en se basant sur cette conception que Jones et Watermann [38] ont étudié la digestibilité de l'arachine, *in vitro*. Ils ont admis que ce protéide était beaucoup moins digestible (48 %) que la phaséoline du pois (58 %) et que la caséine du lait (61 %); mais, par la suite, Mitchell, Burroughs et Beadles [56], qui ont répété, *in vivo*, les expériences de Jones et Watermann, ont obtenu un résultat inverse.

A la suite de ces recherches, il semble que, si les protéides de l'Arachide ne sont pas suffisants à assurer la croissance de jeunes animaux, cela ne doit pas être imputé à leur digestibilité [20-31].

Le tourteau d'Arachide comme aliment de complément.

Si, comme l'ont montré Smuts et Marais [82], l'Arachide seule ne peut suffire à la croissance des jeunes animaux, la majeure partie des auteurs [31] est unanime à reconnaître qu'elle constitue un excellent aliment de complément.

La farine de tourteau d'Arachide a été maintes fois utilisée dans l'alimentation humaine [69-13-25-6-28-22-47]; elle constitue pour le bétail un aliment azoté de premier ordre [11-33-77]; elle a même été utilisée dans certaines industries agricoles [7].

Nous devons cependant, en terminant, mentionner quelques accidents survenus chez des animaux nourris au tourteau d'Arachide.

Kruger [42], en 1906, constate certains états de somnolence chez des vaches nourries au tourteau d'Arachide (1).

Schmidt pense que très souvent ces accidents sont dus à des impuretés et en particulier à la présence de tourteau de ricin dans les tourteaux d'Arachide.

Bokorny [10] estime qu'ils sont dus à la présence de produits toxiques résultant de l'oxydation d'acides gras dans les tourteaux insuffisamment dégraissés.

Carrison [14] a observé que des rats nourris au tourteau d'Arachide présentent des goitres si leur ration en vitamines est insuffisante.

Signalons enfin une remarque qui a souvent été faite par de nombreux éleveurs et que rapportent King et Gotter [40], à savoir que les poules nourries avec de la farine d'Arachide ne pondent que très peu d'œufs, à moins que l'Arachide soit préalablement additionnée de caséine.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES DU CHAPITRE III

Si l'Arachide ne permet pas, à elle seule, d'assurer la croissance des jeunes animaux, elle constitue néanmoins un excellent aliment azoté de complément.

Le tourteau d'Arachide est utilisé dans l'alimentation de l'homme et du bétail.

Quelques accidents survenus chez des animaux nourris au tourteau d'Arachide ont été notés, mais il semble qu'ils sont dus soit à la présence d'impuretés, soit à la carence en certains aminoacides indispensables, lorsque le régime a, comme source unique de protéides, la farine d'Arachide.

(1) Ce sont ces accidents qui ont poussé Mooser à rechercher dans l'Arachide la présence d'alcaloïde.

DEUXIÈME PARTIE

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

DEUXIÈME PARTIE

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

CHAPITRE IV

L'EXTRACTION DES PROTÉIDES DE L'ARACHIDE

Différentes techniques ont été proposées pour extraire les protéides du tourteau d'Arachide. Toutes sont basées sur le principe suivant : on traite le tourteau par un solvant convenable. Après un temps de contact variable, on centrifuge ou on filtre cette macération. La partie liquide contenant les protéides en solution est séparée du résidu insoluble.

Au moyen de divers réactifs, on précipite ensuite les protéides de leur solution extractive.

Parmi les substances proposées pour l'extraction des protéides de l'Arachide, nous ne retiendrons que les solutions d'hydroxydes alcalins, de carbonate de sodium, de chlorure de sodium et de sulfite de sodium.

I. — Extraction par les alcalis.

Ritthausen [72], qui, comme nous l'avons vu, a étudié le premier les protéides de l'Arachide, a utilisé comme liquide extractif la potasse, la chaux, la baryte (environ N/50), et comme substance précipitant les protéides, l'acide sulfurique; le rendement

obtenu est sensiblement le même quantitativement et qualitativement, aux erreurs d'expérience près (voir p. 11).

Les constatations faites par Ritthausen nous ont amenée à étudier le rôle du pH de la solution extractrice sur l'extraction des protéides.

Nous avons préparé, à cet effet, un certain nombre d'échantillons de 4 grammes de farine d'Arachide. A chacun d'eux, nous avons ajouté 25 centimètres cubes de solution soit de soude, soit d'acide sulfurique à titres divers. Les pH des mélanges ont été déterminés par la méthode électrométrique.

Après avoir agité l'ensemble pendant deux heures, nous l'avons centrifugé. Les eaux-mères ont été mises de côté; le résidu, remis en suspension dans 20 centimètres cubes de solution, a été agité de nouveau, puis centrifugé. Les eaux-mères ont été ajoutées aux premières. Le résidu a été traité une troisième fois de façon identique. Les eaux-mères obtenues dans cette troisième opération ont été réunies aux deux autres.

Nous avons prélevé une portion aliquote de chacune des solutions obtenues et nous l'avons placée dans une fiole de Fourneau tarée. Nous avons chassé l'eau par un séjour de vingt-quatre heures à l'étuve à 100°. Le résidu obtenu fut enfin desséché dans le vide jusqu'à poids constant.

Dans ce résidu, fut déterminé l'azote total, afin de pouvoir apprécier le poids de protéides contenu dans la fraction étudiée, le résidu pouvant contenir autre chose que des protéides purs (1).

Dans le tableau I se trouvent les résultats que nous avons obtenus; ils correspondent à 100 grammes de farine d'Arachide traitée.

Ces résultats nous permettent de tracer les courbes de la fig. 1.

L'examen des courbes de la figure 1 et le pourcentage en azote des diverses fractions nous montrent que la quantité de substances non protéidiques extraite est à peu près la même, quel que soit le pH de la solution extractive. (Nous verrons plus loin

(1) En multipliant le chiffre d'azote par 6, on obtient à peu de chose près le poids de protéides correspondant [66]. Des travaux encore en cours, et effectués par Guillemet d'une part et par Tayeau d'autre part, semblent montrer que, pour l'Arachide, le coefficient doit être un peu inférieur (5,6 environ).

que ce sont principalement des glucides solubles dans l'eau, quel que soit le pH de la solution et des lipides liés à des protéides sous forme de cénapse.)

TABLEAU I

pH	Substances totales extraites (gr.)	Azote total (gr.)	Protéides correspondants (gr.)	Azote °/₀ dans les substances totales
0,82	22,46	1,27	7,62	5,6
1,83	20,29	1,27	7,62	6,2
2,29	21,16	1,25	7,50	5,9
3,40	23,57	1,96	11,76	8,3
5,60	23,73	2,02	12,12	8,5
6,09	25,64	2,36	14,16	9,2
6,58	25,78	2,36	14,16	8,5
6,88	25,57	2,01	12,06	7,8
7,81	26,52	2,47	14,82	9,3
8,21	25,74	2,47	14,82	9,5
9,59	25,53	2,41	14,46	9,4
10,72	28,05	2,74	16,44	9,7
11,25	30,61	2,75	16,50	8,9
12,28	45,33	5,58	33,48	12,3

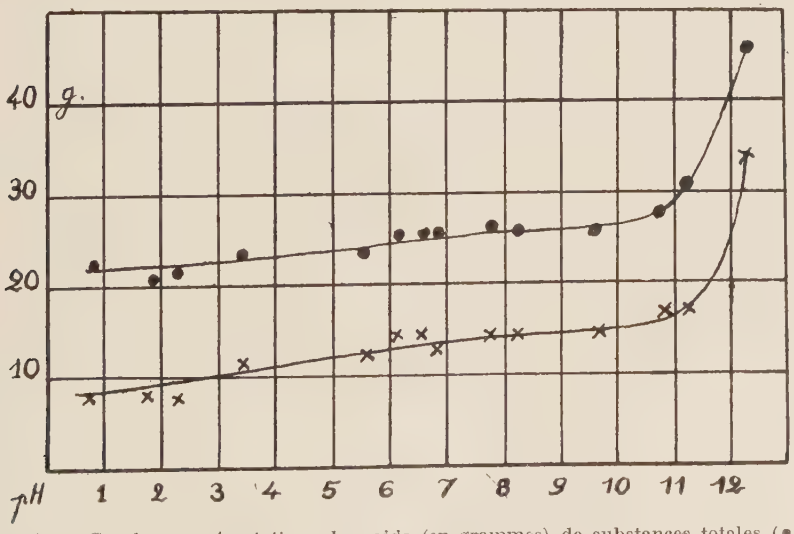

Fig. 1. — Courbes représentatives du poids (en grammes) de substances totales (•) et du poids de protéides (×) extraits de 100 grammes de farine d'Arachide, en fonction du pH de la solution extractive.

Les chiffres obtenus dans le tableau I et les courbes de la figure 1 montrent que la quantité de protéides extraits est d'autant plus grande que le pH est plus élevé. Quand le milieu est acide, les protéides se trouvant placés à un pH voisin de leur point isoélectrique sont très peu solubles; mais plus le pH auquel on opère s'éloigne de ce point, plus les protéides se dissolvent facilement.

De l'examen de ces courbes, on peut aussi déduire que certains protéides de l'Arachide sont solubles en milieu acide.

Ayant été étonnée de constater la vitesse d'ascension de la courbe dans la région alcaline, nous nous sommes demandé si, pour une concentration en alcali supérieure à celles étudiées dans notre expérience, la quantité de protéides extraite allait augmenter.

A cet effet, nous avons effectué l'expérience suivante réalisée en tout point comme la précédente, mais cette fois nous avons utilisé des solutions extractrices dont les pH étaient compris dans des limites plus étendues.

Voici, dans le tableau II, les résultats que nous avons obtenus (rapportés à 100 grammes de farine).

TABLEAU II

pH	Substances totales extraites (gr.)	Azote total (gr.)	Protéides correspondants (gr.)	Azote °/₀ dans les substances totales
0	15,71	1,18	7,08	7,5
0,64	15,32	0,93	5,58	6
3,40	23,22	1,93	11,58	8,3
6,09	24,94	1,99	11,94	7,9
8,20	25,51	2,42	14,52	9,4
12,75	53,61	5,48	32,88	10,2
12,98	73,12	8,18	49,08	11,1
13	75,93	6,82	40,92	9
NaOH 2N	97	7,29	43,74	7,5

Ces résultats montrent que si, à partir d'une certaine valeur de pH (12,7), la quantité de substances totales extraite augmente

avec le pH, et par conséquent avec la concentration en alcali, il n'en est pas de même pour les protéides extraits, pour lesquels on atteint un maximum.

L'augmentation du poids de substances non protéidiques en milieu très fortement alcalin est probablement due à la formation de produits de dégradation des glucides sous l'influence des alcalis.

PRÉCIPITATION DES PROTÉIDES DE LEURS SOLUTIONS ALCALINES EXTRACTIVES

Pour précipiter les protéides au sein de leur solution extractive, Ritthausen [72] utilise généralement l'acide sulfurique.

Nous avons effectué quelques essais en utilisant l'anhydride carbonique et le sulfate de magnésium; ces deux substances ne nous ont donné que de faibles rendements.

Par contre, l'acide sulfurique, l'acide chlorhydrique et l'acide acétique ont provoqué la précipitation d'un abondant précipité de protéides.

A quelques exceptions près, nous avons constaté par la suite que la précipitation des protéides n'est pas en fonction de la nature de l'acide utilisé; elle dépend seulement du pH auquel est amenée la solution extractive.

CONCLUSION SUR L'EXTRACTION DES PROTÉIDES DE L'ARACHIDE PAR LES SOLUTIONS ALCALINES

Les protéides d'Arachide étant solubles dans les solutions alcalines, ces dernières peuvent être utilisées pour extraire les protéides du tourteau d'Arachide.

Si l'on veut obtenir un bon rendement, le pH de la solution extractive doit être d'environ 12,8. Une telle solution peut extraire 88 % en moyenne des protéides totaux.

II. — Extraction par le carbonate de sodium.

Si, comme nous le constatons dans la précédente conclusion, les solutions alcalines de pH 12,8 permettent d'obtenir un bon rendement dans l'extraction des protéides de l'Arachide, nous devons noter toutefois que ces derniers sont souvent partiellement dénaturés lors d'un traitement par une solution aussi alcaline.

C'est pourquoi nous avons décidé d'effectuer quelques essais en utilisant un liquide moins alcalin : une solution de carbonate de sodium.

Mais il fallait tout d'abord rechercher s'il existe une concentration permettant une bonne extraction, et savoir quelle était la concentration optimale.

A cet effet, nous avons préparé un certain nombre d'échantillons de farine d'Arachide, que nous avons traités par des solutions de carbonate de sodium de titres différents, suivant le mode opératoire que nous avions utilisé dans l'expérience précédente.

Dans chaque liquide ainsi obtenu, nous avons dosé : 1° les substances totales, et 2° l'azote.

Dans le tableau III sont consignés nos résultats. Ils correspondent à 100 grammes de farine traitée.

A ces résultats correspondent les courbes de la figure 2.

L'examen du tableau et des courbes nous montre qu'il existe une concentration optimale en carbonate de sodium pour laquelle les quantités de substances totales et de protéides extraits sont au maximum. Cet optimum de concentration correspond à 7 grammes de carbonate de sodium par litre de solution.

Après avoir ainsi déterminé l'optimum de concentration de la solution extractrice, et après avoir remarqué que la précipitation des protéides semblait dépendre du pH auquel la solution était amenée, nous avons essayé de déterminer la valeur de ce pH donnant un maximum de rendement.

Pour cela, nous avons étudié les variations du poids de protéides précipités d'une solution extractive carbonatée en fonction du pH.

Nous avons placé dans une série de tubes à centrifuger un même volume de solution extractive carbonatée, puis nous avons

TABLEAU III

Concentration de la solution en CO_3Na_2 °/₀	Extrait total (gr.)	Azote total (gr.)	Protéides gr.
0	28,7	2,62	15,7
0,1	47,4	5,45	32,7
0,2	55,7	7,35	44,1
0,5	60,1	7,92	47,5
0,7	61,2	8,57	51,4
1	60,3	8,40	50,4
1,5	59,9	8,57	51,4
2	59,6	7,97	47,8
5	56,1	8,25	49,5
10	49,2	7,75	46,5

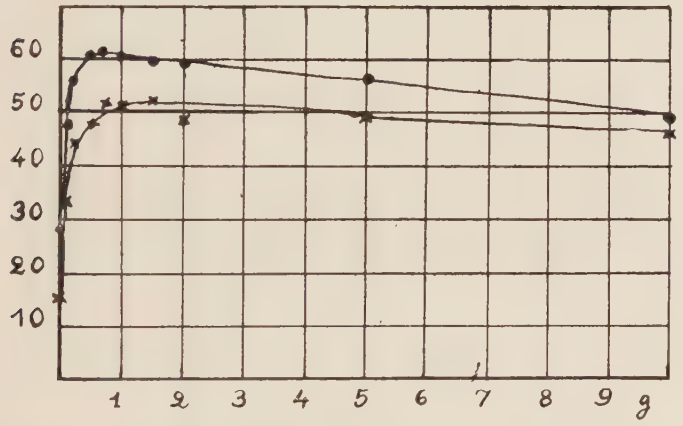

Fig. 2. — Courbes représentatives des poids de substances totales extraites (•) et de protéides extraits (×) de 100 grammes de farine d'Arachide, en fonction de la concentration (%) en CO_3Na_2 de la solution extractive.

ajouté, en agitant, des quantités variables soit d'acide chlorhydrique 2N, soit de soude 2N; nous avons enfin complété partout à un même volume avec une solution carbonatée. Après quelques

minutes de contact, nous avons centrifugé chaque solution. Les pH ont été déterminés dans les eaux-mères décantées.

Les précipités de protéides ont été placés à l'étuve, puis au dessiccateur jusqu'à poids constant.

Enfin dans chaque fraction ainsi desséchée, nous avons dosé l'azote.

Voici (tableau IV) les résultats que nous avons obtenus; ils correspondent à 100 grammes de farine traitée.

TABLEAU IV

pH	Poids (en gr.) de substances totales précipitées	N total précipité (gr.)	Protéides totaux précipités (gr.)	Pourcentage en N dans les diverses fractions
0,8	43	6,17	37	14,3
4,2	44,6	6,43	38,6	14,4
5	44,9	7,07	42,4	15,7
6,5	41,5	6,15	36,9	14,7
6,8	32,7	3,20	19,2	9,7
9	3,4	—	—	—
9,2	0	0	0	0
10,1	2,8	0,3	1,8	10,4

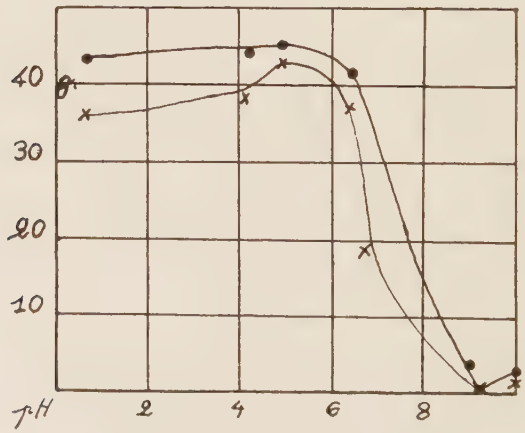

Fig. 3. — Courbes représentatives des poids de substances totales (•) et de protéides (×) précipités, en fonction du pH, d'une solution carbonatée (ayant épuisé 100 grammes de farine d'Arachide).

Ces résultats nous ont permis de tracer les courbes de la figure 3.

L'examen des courbes et du tableau nous montre qu'il existe un optimum de pH pour lequel la quantité de protéides précipitée est maximale. Ce pH est très voisin de 5.

Ceci s'explique très bien à la lumière des récentes recherches de Tayeau [86] qui a montré que le protéide le plus abondant de l'Arachide a son point isoélectrique situé aux environs de 5,2; or, on sait qu'à l'isoélectrique la solubilité des protéides passe par un minimum.

CONCLUSION
SUR L'EXTRACTION DES PROTÉIDES DE L'ARACHIDE PAR LES SOLUTIONS DE CARBONATE DE SODIUM

Les protéides de l'Arachide se dissolvent bien dans les solutions de carbonate de sodium. Il existe un optimum de concentration en carbonate de sodium pour laquelle la quantité de protéides extraite présente un maximum. Cette concentration est d'environ 7 ‰.

La solution de carbonate de sodium à 7 ‰ dissout plus de 90 % de l'azote total de l'Arachide, et son pH est inférieur à 10. Elle est donc préférable aux solutions de soude de pH 12,8, car elle possède l'avantage de très peu dénaturer les protéides.

Si l'on veut précipiter les protéides à partir d'une telle solution, il suffit d'amener le pH aux environs de 5 et de recueillir les protéides ainsi précipités soit par filtration, soit par centrifugation.

III. — Extraction par le chlorure de sodium.

Dans la préface de son mémoire sur le sang, Denis [16] écrivait en 1859 : « L'un des réactifs que j'ai le plus employé en étudiant les substances albuminoïdes est la solution de sel com-

la solution de chlorure de sodium à 10 %, alors que la concentration de 6 % permet d'obtenir un meilleur rendement, comme le montrent nos résultats.

Après avoir ainsi déterminé l'optimum de concentration en chlorure de sodium de la solution extractrice, nous avons essayé de déterminer le pH auquel il faut ensuite amener cette solution pour obtenir le précipité de protéides le plus abondant.

Nous avons préparé une série de tubes à centrifuger et, dans chacun d'eux, nous avons placé une même quantité de solution de chlorure de sodium à 6 % ayant préalablement épuisé de la farine d'Arachide.

Dans chaque tube, nous avons ajouté, en agitant, des quantités variables d'acide chlorhydrique 2N. Nous avons centrifugé l'ensemble, afin de pouvoir recueillir les protéides précipités. Les eaux-mères, avant d'être éliminées, ont été utilisées pour la mesure des pH par la méthode électrométrique.

Afin de pouvoir apprécier la quantité de lipides liée aux protéides, chaque précipité protéidique a été traité par l'alcool et l'éther de la façon suivante :

Les culots de centrifugation sont additionnés d'alcool à 96°. On agite soigneusement et l'on plonge le tube dans de l'eau bouillante où on le maintient jusqu'à ce que l'alcool entre en ébullition. On laisse ensuite refroidir en agitant, pendant une dizaine de minutes. On centrifuge, le liquide surnageant est recueilli par décantation; il contient une partie des lipides. Le coagulum protéidique est repris par l'alcool; on agite, puis on porte l'alcool à l'ébullition comme ci-dessus, et l'on recueille l'alcool après refroidissement pour le réunir à la première solution alcoolique. Le culot protéidique est à nouveau lavé par 20 centimètres cubes d'alcool que l'on recueille également. Le coagulum protéidique est ensuite traité, toujours dans le tube de centrifugeur par 20 centimètres cubes d'éther que l'on tiédit. Après vingt minutes de contact, on recueille l'éther par décantation après centrifugation, puis on effectue un deuxième lavage à l'éther dans les mêmes conditions.

Le tube de centrifugeur avec les protéides qu'il contient est

placé dans une étuve à 105-110° pendant vingt heures au moins; il est alors sorti de l'étuve et placé dans un dessiccateur à vide contenant de l'anhydride phosphorique, où on le laisse une heure avant d'effectuer une première pesée. On le remet ensuite dans le dessiccateur jusqu'au soir ou jusqu'au lendemain matin, pour vérifier par une deuxième pesée que son poids n'a pas varié.

Le tube de centrifugeur avait été taré avec précision, on déduit de la pesée finale le poids de substances desséchées contenues dans le tube.

Ces substances sont constituées par des protéides et des sels (chlorure de sodium dans l'essai effectué ici) que l'on dose et que l'on déduit du poids total. On obtient ainsi le poids de protéides.

Sur chaque précipité protéidique, nous avons effectué un dosage de phosphore après destruction sulfonitrique par la méthode de Machebœuf [45].

Pour déterminer les lipides qui étaient accolés aux protéides, l'ensemble des solutions alcooliques et éthérées recueillies ci-dessus est placé dans un ballon, puis les solvants organiques sont chassés par distillation sous pression réduite. Il ne reste plus dans le ballon que très peu d'eau. On laisse refroidir et l'on verse une quinzaine de centimètres cubes d'éther pur, avec lesquels on rince soigneusement les parois du ballon. L'éther est versé dans une boule à décantation et l'on rince à nouveau le ballon avec 10 centimètres cubes d'éther; mais on verse alors dans le ballon une vingtaine de centimètres cubes d'eau distillée qui dissolvent de petites quantités de substances non lipidiques, on agite énergiquement pour émulsionner éther et eau, puis on verse l'émulsion dans la boule à décantation que l'on bouche, puis que l'on soumet à une agitation assez énergique pendant quelques instants. On laisse ensuite au repos et, après quelques heures, lorsque l'éther et l'eau se sont séparés en deux phases distinctes, on soutire l'eau, puis on verse quantitativement l'éther dans une fiole de Fourneau tarée.

On évapore l'éther en plaçant la fiole sur une plaque chauffante électrique tiède et en insufflant de l'azote. Dès que l'éther est

mun étendue d'eau; elle consiste en une eau salée, saturée seulement au tiers (1). »

Dès cette époque, les chercheurs qui se sont intéressés à la question des protéides ont tous utilisé la solution de chlorure de sodium à 10 %, comme liquide extracteur: Ritthausen [72] considère cette solution saline comme douée d'excellentes propriétés de dissolution vis-à-vis des protéides, puisqu'elle peut dissoudre jusqu'à 92,5 % des protéides totaux de l'Arachide.

Par la suite, un très grand nombre d'auteurs, parmi lesquels nous devons citer Sachsse [75], Weyl [91], Osborne [60], Johns et Jones [32], se basant sans doute sur la remarque de Denis, ont utilisé la solution de chlorure de sodium à 10 %.

Cependant, en 1917, à propos d'une étude sur les constituants azotés de l'Arachide, d'Hara et Saunders [17] remarquent que les protéides d'Arachide s'extraient également à l'aide d'une solution saturée ou d'une solution normale de chlorure de sodium (5,8 %).

Nous basant sur cette remarque, nous avons décidé de rechercher le rôle joué par la concentration de la solution en chlorure de sodium dans l'extraction des protéides de l'Arachide.

Pour cela, nous avons préparé un certain nombre d'échantillons de farine d'Arachide que nous avons traités par des solutions de chlorure de sodium de titres différents, suivant le mode opératoire que nous avons utilisé précédemment (voir p. 28).

Dans les divers liquides extractifs obtenus, nous avons comme précédemment déterminé le poids de substances totales extraites, puis nous avons dosé l'azote.

Dans le tableau V sont rassemblés les résultats que nous avons obtenus dans deux de nos expériences ; ils correspondent à 100 grammes de farine traitée.

L'examen du tableau et des courbes montre que pour le chlorure de sodium, comme pour le carbonate de sodium, il existe un optimum de concentration de la solution extractrice pour laquelle les quantités de substances et de protéides extraits sont au maximum.

(1) Ce qui correspond à une solution à 10 %.

TABLEAU V

Concentration en NaCl °/₀	Première expérience	Deuxième expérience			
	Substances totales (gr.)	Substances totales (gr.)	Azote total (gr.)	Protéides correspondants (gr.)	N °/₀ dans les substances totales
0,1	38	—	—	—	—
0,5	38	29,2	2,02	12,1	6,9
1	40	28,2	2,58	15,5	9,1
2	46	36	2,94	17,6	8,2
2,5	50	40,8	4,24	25,4	10,3
5	68	59,5	7,40	44,4	12,4
8	66	61	6,52	39,1	10,7
10	58	53,2	6,34	38	11,9
15	—	53,8	6,10	36,6	11,4
20	—	50,6	—	—	

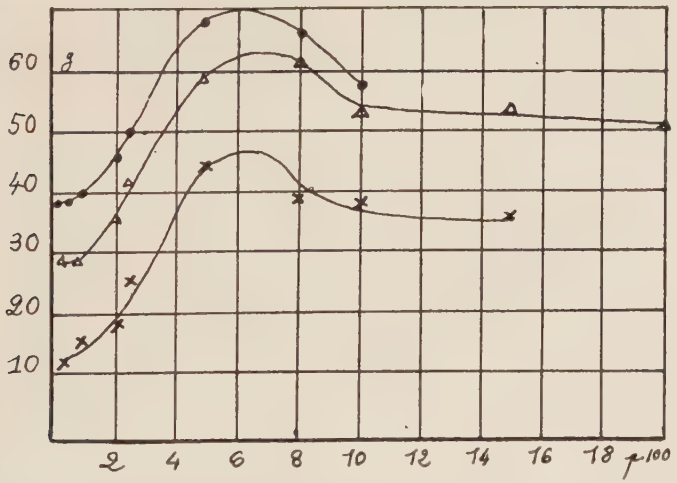

Fig. 4. — Courbes représentatives des variations des poids de substances totales obtenues dans deux expériences (•) et (Δ), et de protéides (×) extraits de 100 grammes de farine d'Arachide, en fonction de la concentration en chlorure de sodium de la solution extractive.

Il est intéressant de faire remarquer de nouveau que la plupart des auteurs qui ont étudié les protéides végétaux se sont fiés à une simple remarque de Denis. Ils ont toujours, en effet, utilisé

TABLEAU VI

pH	Substances totales après enlèvement des lipides (gr.)	Azote total (gr.)	Protéides correspondants (gr.)	Azote °/₀ dans les substances totales	Phosphore protéidique (mgr.)	Phosphore °/₀ dans les protéides	Substances lipoïdiques liées aux protéides (mgr.)	Rapport lipides / protéides	Phosphore lipidique (mgr.)	Phosphore °/₀ dans les lipides
0,82	23,1	3,25	19,5	14,1	24,6	0,12	676	0,035	5,2	0,76
1,67	21,3	3,02	18,1	14,2	57,2	0,31	550	0,030	3,5	0,63
3,52	19,8	3,08	18,5	15,5	56,4	0,30	462	0,025	3,5	0,75
4,87	14,1	3	18	—	28,4	—	407	—	3,7	0,90
5,32	10,7	—	—	—	16,9	0,13	335	—	2,8	0,83
5,38	10,7	1,73	10,4	16,1	14,3	0,13	280	0,027	3,1	1,10
5,40	7,6	—	—	—	13,4	—	253	—	Indos.	—
5,82	2,1	—	—	—	—	—	143	—	Indos.	—
6,22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

parti, on place la fiole dans un dessiccateur à vide contenant de l'anhydride phosphorique. Le lendemain, on pèse la fiole et son contenu, après dessiccation totale, et l'on en déduit le poids des substances lipoïdiques (1).

Sur cet extrait lipidique, on effectue un dosage de phosphore.

Les résultats obtenus pour 100 grammes de farine sont consignés dans le tableau VI; ils ont permis de tracer les courbes des figures 5, 6, 7 et 8.

Les courbes de la figure 5, qui expriment l'une la quantité de

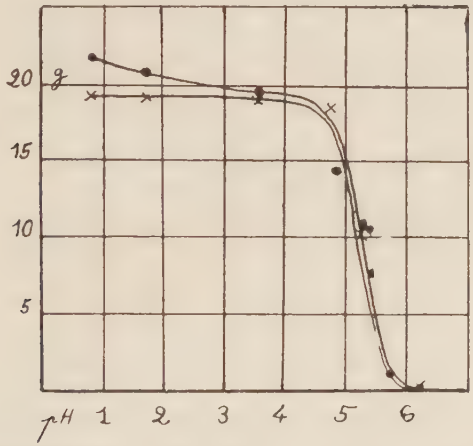

Fig. 5. — Courbes représentatives des variations des poids de substances totales (•) et de protéides (×) précipités d'une solution extractive chlorurée (ayant épuisé 100 grammes de farine), en fonction du pH.

substances totales, l'autre la quantité de protéides précipités en fonction du pH, sont différentes. Ceci peut paraître à première vue surprenant.

Ritthausen [72] et Johns et Jones [34] avaient admis que l'alcool et l'éther enlevaient totalement les substances non protéidiques et ne laissaient que des protéides. Nos résultats montrent qu'une partie des substances non protéidiques restent accolées aux protéides, même après traitement à l'alcool et à l'éther.

L'examen des deux courbes de la figure 5 nous permet de cons-

(1) Ces techniques sont inspirées de celles habituellement utilisées dans le laboratoire du professeur Machebœuf, pour le dosage des lipides et des protéides (voir Battut [8]).

tater que les propriétés de solubilité des protéides d'Arachide sont profondément modifiées par les substances qui leur sont liées; plus les cénapses glucidolipidoprotéidiques sont riches en

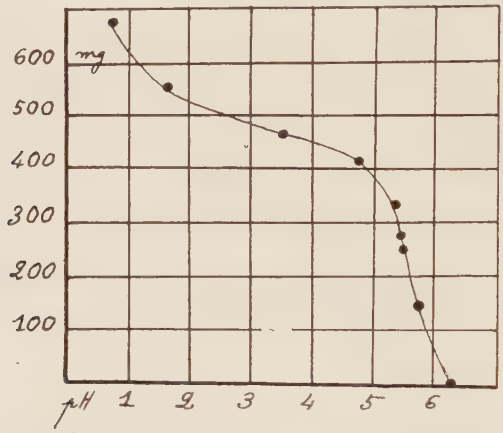

Fig. 6. — Courbe représentative des variations du poids de substances lipoïdiques précipitées d'une solution extractive chlorurée (ayant épuisé 100 grammes de farine), en fonction du pH.

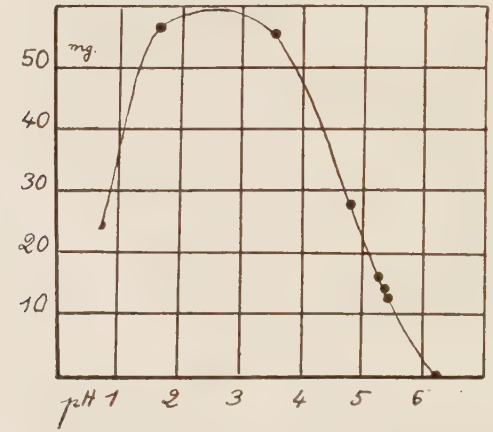

Fig. 7. — Courbe représentative des variations du poids de phosphore protéidique précipité d'une solution extractive chlorurée (ayant épuisé 100 grammes de farine), en fonction du pH.

glucides, plus leur pH optimum de précipitation est bas. En examinant le tableau VI, nous constatons en effet que le rapport : substances lipoïdiques sur protéides est légèrement plus élevé en milieu très acide qu'en milieu légèrement acide.

L'examen de la courbe de la figure 6 nous montre en outre que plus le pH est acide, plus la quantité de substances lipoïdiques entraînée par la précipitation des protéides est grande.

La présence de phosphore dans les protéides débarrassés des substances qui préalablement leur étaient liées nous permet de conclure que, dans l'Arachide, il existe des protéides phosphorés, qui précipitent en abondance vers pH 3 (courbe de la figure 7).

Enfin, la courbe de la figure 8 (représentative du poids de phosphore lipidique entraîné avec les protéides en fonction du

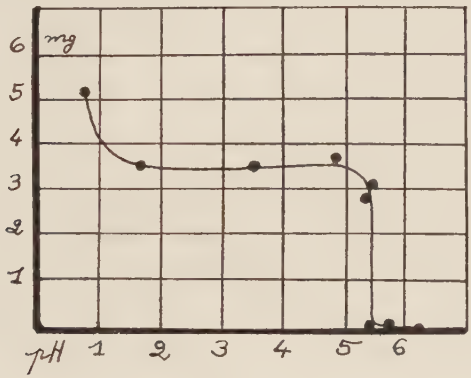

Fig. 8. — Courbe représentative des variations du poids de phosphore lipidique précipité d'une solution extractive chlorurée (ayant épuisé 100 grammes de farine), en fonction du pH.

pH) nous montre que les cénapses les plus riches en phosphatides précipitent en milieu très acide (vers pH 1).

Si donc l'on veut obtenir des cénapses riches en phosphatides, il faudra amener la solution vers pH 1, la majeure partie de ces dernières restent en effet en solution à pH 5.

Ces résultats sont corroborés par un certain nombre d'expériences effectuées dans le laboratoire même où nous avons travaillé, par Guillemet, Reiss et Guilbot (24).

Enfin, le tableau indiquant les teneurs en phosphore dans les substances lipoïdiques liées aux protéides montre que les phosphatides représentent environ le vingtième du poids total des lipides liés aux protéides et précipités avec eux.

CONCLUSION
SUR L'EXTRACTION DES PROTÉIDES DE L'ARACHIDE
PAR LA SOLUTION DE CHLORURE DE SODIUM

Les protéides de l'Arachide se dissolvent bien dans les solutions de chlorure de sodium.

Il existe un optimum de concentration en chlorure de sodium pour lequel la quantité de protéides extraits est au maximum.

Cet optimum de concentration en chlorure de sodium est de 6 %.

La solution de chlorure de sodium à 6 % dissout plus de 80 % des protéides totaux de l'Arachide. Elle ne dénature nullement les protéides qui, après traitement par cette solution, conservent intégralement leur propriétés physico-chimiques.

Si, à partir d'une telle solution, on veut précipiter le maximum de protéides, il suffit de l'amener, à l'aide d'acide chlorhydrique, aux environs de pH 5.

Les protéides obtenus dans ces conditions ne sont pas purs ; ils sont liés à des substances lipoïdiques et à des glucides.

Si l'on opère la précipitation en milieu très acide aux environs de pH 1, il précipite des cénapses riches en phosphatides. Nos recherches ont en outre permis de conclure à l'existence dans l'Arachide de protéides phosphorés présentant un optimum de précipitation entre pH 2 et pH 3.

IV. — Extraction par le sulfite de sodium.

A notre connaissance, la solution de sulfite de sodium n'a jamais été utilisée pour l'extraction des protéides de l'Arachide. Mais Satow [76], qui a étudié les protéides d'une autre légumineuse, le Soja, conseille l'utilisation de la solution de sulfite de sodium à 1 %.

Nous nous sommes demandé si cette solution était également intéressante pour l'extraction des protéides de l'Arachide.

Nous avons épuisé un certain poids de farine à l'aide d'une solution de sulfite de sodium à 1 %, en opérant suivant la méthode décrite précédemment (voir p. 28).

Les dosages que nous avons effectués nous ont montré que sur 100 grammes de farine d'Arachide traitée, la solution de sulfite de sodium à 1 % dissout 38 grammes de substances et 3,5 gr. d'azote, soit 21 grammes de protéides.

A partir de cette solution, nous avons étudié la précipitation des protéides en fonction du pH.

Dans un certain nombre de tubes à centrifuger, nous avons placé une même solution sulfitique ayant préalablement épuisé de la farine d'Arachide; nous avons ajouté, en agitant, des quantités variables d'acide chlorhydrique 2N ou de soude 2N. Après quelques minutes de contact, nous avons centrifugé. Dans les précipités ainsi obtenus, nous avons dosé comme précédemment l'extrait total, l'azote, le phosphore protéidique et le phosphore lipidique.

Dans le tableau VII sont réunis les résultats que nous avons

TABLEAU VII

pH	Substances totales après enlèvement des lipides (gr.)	Azote total (gr.)	Protéides correspondant (gr.)	Azote °/₀ dans les substances totales	Phosphore protéidique (mgr.)	Phosphore °/₀ dans les protéides	Phosphore lipidique (mgr.)
0,5	7,2	1,08	6,5	14,9	5,6	0,08	3,5
1,2	7,7	—	—	—	135,2	—	1,2
3,1	7,9	1,16	6,9	14,7	126,4	1,8	1,1
5,2	7,9	1,18	7,1	14,9	60	0,8	0
6,2	0	0	0	0	0	0	0
7,6	1	0,17	1	16,1	—	—	0
8,9	1	—	—	—	—	—	0

N.-B. — Nous n'avons pas pu, dans cet essai, apprécier les poids de substances lipoïdiques liées aux protéides, ces poids étant trop faibles.

obtenus dans cette expérience; ils correspondent à 100 grammes de farine d'Arachide traitée.

Au tableau VII correspondent les courbes des figures 9, 10 et 11.

Ces courbes sont à peu près identiques à celles que nous avons

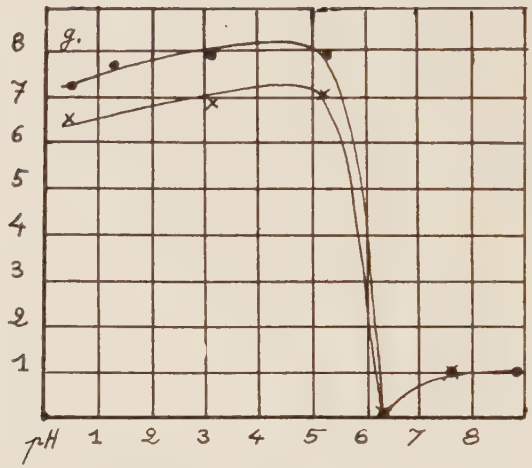

Fig. 9. — Courbes représentatives des variations des poids de substances (•) et de protéides (×) précipités d'une solution extractive sulfitique (ayant épuisé 100 grammes de farine d'Arachide), en fonction du pH.

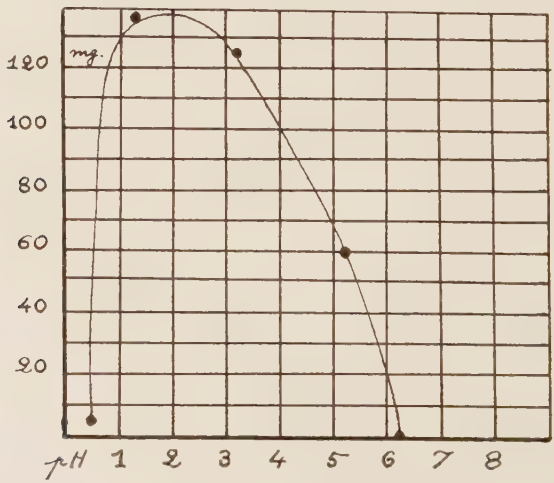

Fig. 10. — Courbe représentative des variations du poids de phosphore protéidique précipité d'une solution extractive sulfitique (ayant épuisé 100 grammes de farine d'Arachide), en fonction du pH.

obtenues lorsque nous avons étudié la précipitation des protéides d'Arachide à partir d'une solution extractive chlorurée.

Nous remarquons que, cette fois encore, les cénapses les plus riches en phosphatides précipitent en abondance vers pH 1.

Il importe de signaler que le phosphore protéidique précipité de la solution sulfitique est beaucoup plus abondant que celui précipité de la solution chlorurée (voir expérience précédente).

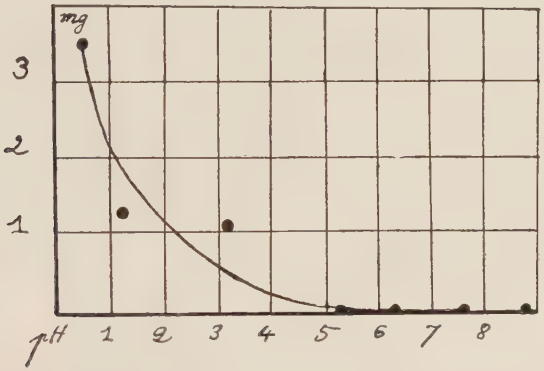

Fig. 11. — Courbe représentative des variations du poids de phosphore lipidique précipité d'une solution extractive sulfitique (ayant épuisé 100 grammes de farine d'Arachide), en fonction du pH.

Ceci ne doit pas nous étonner, car on sait que les phosphoprotéides sont particulièrement solubles dans les solutions de sulfites alcalins [76].

CONCLUSION
SUR L'EXTRACTION DES PROTÉIDES DE L'ARACHIDE PAR LE SULFITE DE SODIUM

Les protéides de l'Arachide sont partiellement solubles dans la solution de sulfite de sodium à 1 %.

Si l'on traite de la farine d'Arachide par une telle solution et si, à partir de cette dernière, on veut précipiter les protéides, il suffit ici encore d'amener le pH aux environs de 5,2.

La solution de sulfite de sodium à 1 % n'extrait que 38 à 42 % des protéides de l'Arachide, mais elle permet d'extraire principalement les phosphoprotéides.

Notons que d'autres solutions salines ont été proposées par Ritthausen, pour l'extraction des protéides de l'Arachide; citons pour mémoire les solutions de chlorure d'ammonium, chlorure de potassium, chlorure de calcium, chlorure de magnésium, etc. [72]; ces solutions donnent de faibles rendements.

Les résultats des expériences effectuées sur la précipitation des protéides au sein de leur solution extractive montrent que les acides ne permettent pas la précipitation de ces protéides en totalité (1).

Nous avons vérifié que, pour obtenir la précipitation des protéides totaux contenus dans la solution, il faut saturer cette dernière de sulfate d'ammonium.

V. — Comparaison de l'action des diverses solutions extractives.

Afin d'éliminer le rôle des facteurs extérieurs (2) dans l'extraction des protéides de l'Arachide, nous avons effectué un essai consistant à préparer six échantillons de farine d'Arachide et à les traiter comme précédemment (voir p. 28), le premier avec de l'eau distillée, le second avec une solution de soude à pH 10,1, le troisième avec une solution de soude à pH 12,3, le quatrième avec une solution de sulfite de sodium à 1 %, le cinquième avec une solution de carbonate de sodium à 0,8 %, le sixième enfin avec une solution de chlorure de sodium à 6 %.

Voici, dans le tableau VIII, les résultats que nous avons obtenus et qui ont été rapportés à 100 grammes de farine traitée :

(1) Certains protéides sont solubles en milieu acide.

(2) Parmi ces facteurs, la température joue un rôle important, les protéides d'Arachide étant beaucoup plus solubles à 15° qu'à 0° (Ritthausen [72], d'Hara et Saunders [17]).

TABLEAU VIII

Liquides extractifs	Extrait total (gr.)	Azote total (gr.)	Protéides correspondants (gr.)
Eau distillée	39,8	2,50	12,3
Soude à pH 10,1	28	2,74	16,4
Soude à pH 12,3	45,2	5,58	33,4
Sulfite de sodium à 1 °/₀..	37,6	3,30	19,8
Carbonate de sodium à 0,8 °/₀.....	57,8	6,06	36,3
Chlorure de sodium à 6 °/₀	47,6	5,50	30,3

Cet essai, effectué dans les mêmes conditions pour toutes les solutions extractrices, nous permet de classer par ordre d'activité décroissante les divers solvants des protéides totaux de l'Ara-

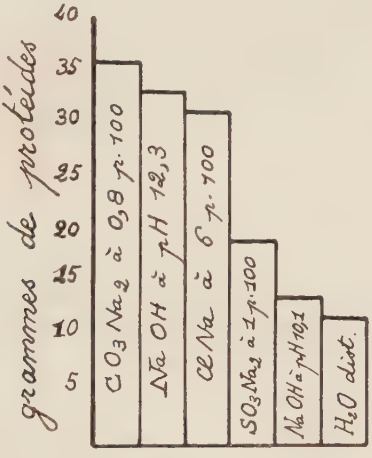

Fig. 12.

chide; carbonate de sodium à 0,8 %, soude à pH 12,3, chlorure de sodium à 6 %, sulfite de sodium à 1 %, soude à pH 10,1 eau distillée (fig. 12).

Si la solution de carbonate de sodium à 0,8 % et la solution de soude à pH 12,3 donnent les meilleurs rendements, ces solutions

présentent l'inconvénient de dénaturer partiellement les protéides. Aussi, dans la plupart des études physico-chimiques, sera-t-il préférable, à notre avis, d'utiliser la solution de chlorure de sodium à 6 %.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES DU CHAPITRE IV

La farine de tourteau d'Arachide contient environ la moitié de son poids de protéides.

Ces protéides peuvent être extraits à l'aide de solutions diverses. Nous avons étudié l'action des solutions de soude, de carbonate de sodium, de chlorure de sodium et de sulfite de sodium.

C'est la solution de carbonate de sodium à 0,8 % qui permet d'obtenir le meilleur rendement; mais l'alcalinité de cette solution et son action dénaturante sur les protéides lui fait préférer la solution de chlorure de sodium à 6 %, qui ne dénature nullement les protéides et qui permet d'obtenir un rendement presque aussi satisfaisant.

Si l'on veut obtenir la précipitation des protéides au sein de cette solution extractive, il suffit d'amener le pH aux environs de 5,2. Les protéides ainsi précipités peuvent être facilement recueillis soit par sédimentation, soit par filtration, soit par centrifugation.

Les protéides obtenus dans ces conditions ne sont pas des protéides purs. Ils contiennent des cénapses lipido et glucidoprotéidiques. Ils ne contiennent d'ailleurs que 10 à 14 % d'azote.

Si l'on veut priver les protéides des glucides et des lipides qui leur sont liés, il faut les épuiser à chaud par de l'alcool et par de l'éther. Dans ces conditions, on obtient des protéides partiellement dénaturés, se présentant sous forme d'une poudre blanche et contenant plus de 16,5 % d'azote.

Mais, après traitement à l'alcool et à l'éther, les protéides n'ont

plus les mêmes propriétés physiques que les cénapses dont ils proviennent. Si l'on veut les dissoudre quantitativement dans une solution de chlorure de sodium à 6 %, il faut alcaliniser cette dernière, afin d'amener son pH aux environs de 8,5. Une dénaturation assez profonde se produit sous l'action de l'alcool chaud qui sert à enlever les lipides.

CHAPITRE V

ÉTUDE DES MODALITÉS D'EXTRACTION DES PROTÉIDES DU TOURTEAU D'ARACHIDE

Nous avons cherché à préciser les résultats qui précèdent en étudiant les modalités d'extraction des protéides d'Arachide, et en faisant porter notre attention sur deux facteurs importants :

1° Le temps de contact entre la farine et le liquide extractif.

2° La nature de l'acide utilisé dans la précipitation des protéides.

Enfin, nous avons essayé de mettre au point une méthode rapide pour l'obtention des protéides de l'Arachide.

I. — Influence du temps de contact entre la farine et le liquide extractif.

Dans toutes les expériences qui précèdent, nous avons commencé par agiter la farine d'Arachide avec la solution extractrice pendant deux heures.

Nous nous sommes demandé si un contact de deux heures entre la solution extractrice et la farine était suffisant.

A cet effet, nous avons effectué l'essai suivant dans lequel nous avons étudié l'extraction des protéides de l'Arachide en fonction du temps de contact entre la farine et la solution extractive.

Nous avons préparé un certain nombre d'échantillons de farine d'Arachide. A chacun d'eux, nous avons ajouté un même volume de solution de chlorure de sodium à 6 %.

Nous avons porté en même temps tous les échantillons à l'agitateur mécanique. Nous les en avons retirés après des temps variables.

Après centrifugation, nous avons recueilli les eaux-mères, afin de pouvoir y doser l'extrait total.

Voici, dans le tableau IX, les résultats que nous avons obtenus pour 100 grammes de farine.

TABLEAU IX

Temps de contact entre la farine et le liquide extractif	Extrait total (gr.)
15 minutes	14,5
30 —	51,5
1 heure	59
2 —	68
3 —	62
8 —	70
14 —	68
24 —	68,5
30 —	64
48 —	55

La courbe de la figure 13 correspond aux résultats du tableau IX.

Cet essai nous montre que, lors de l'extraction des protéides de l'Arachide, il est nécessaire que le temps de contact entre la farine et la solution extractrice soit au moins d'une heure et demie. Par contre, il ne doit pas dépasser une journée.

L'étude de la courbe nous montre en effet qu'après une journée de contact, la quantité de substances extraites diminue progressivement, les protéides en solution se modifient avec le temps et s'insolubilisent peu à peu.

Nous avons alors cherché à savoir si les protéides qui s'insolubilisent les premiers ne répondent pas à une constitution particulière.

A cet effet, nous avons réalisé l'essai suivant :

Après avoir préparé une solution chlorurée de protéides d'Arachide, nous l'avons laissée à la température du laboratoire.

Après vingt-quatre heures, nous avons constaté la formation d'un précipité grisâtre. Après trois jours, un précipité blanc surmontant le premier s'était formé.

Nous avons extrait de chacun de ces deux précipités une portion, dans laquelle nous avons dosé l'azote, ainsi que dans la solution surnageante.

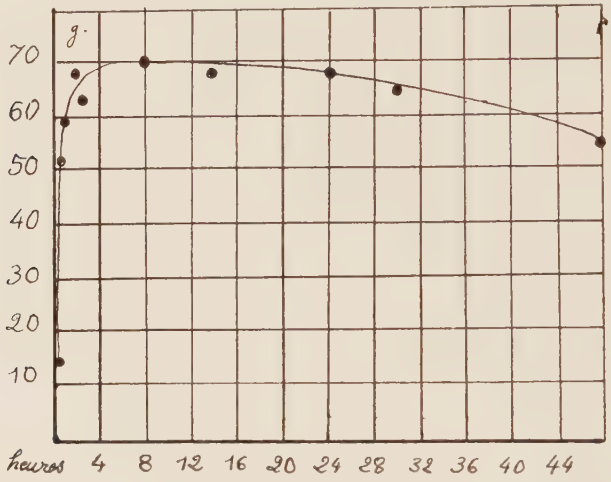

Fig. 13. — Courbe représentative des variations du poids de substances totales extraites de 100 grammes de farine d'Arachide par une solution de chlorure de sodium à 6 %, en fonction du temps de contact entre la farine et la solution extractive.

Les résultats suivants ont été obtenus :

Précipité inférieur gris formé après 24 heures.....	12	% de N
Précipité blanc formé après trois jours.....	13,5	— —
Résidu d'évaporation de la solution surnageante...	14,1	— —

Tout en nous montrant que les fractions les plus pauvres en protéides s'insolubilisent les premières, ces résultats nous montrent qu'il est indispensable que le temps de contact entre la farine et le liquide extractif ne dépasse pas une journée.

II. — Influence de la nature de l'acide utilisé dans la précipitation des protéides de l'Arachide.

Les expériences qui précèdent nous montrent nettement que si l'on veut obtenir le meilleur rendement en protéides à partir d'une solution extractive, il est nécessaire d'amener le pH aux environs de 5,2.

Cependant, la nature de l'acide utilisé peut, dans certains cas particuliers, jouer un grand rôle, ainsi que le montre l'essai suivant :

Nous avons étudié, à partir d'une solution protéidique chlorurée, la précipitation des protéides en fonction du pH, en utilisant pour la région acide non plus l'acide chlorhydrique 2N, mais l'acide sulfurique 2N.

Le tableau X indique les résultats que nous avons obtenus dans cette expérience.

TABLEAU X

pH	Extrait total (gr.)	Azote total (gr.)	Protéides correspondants (gr.)
0	47,4	6,96	41,7
0,8	45,8	8,19	49,1
3	45,2	6,22	37,3
3,9	43,2	6,63	39,7
4,5	40,8	5,71	34,2
5	30,4	3,67	22,0
6	3,1	2,97	17,8
6,2	0	0	0
6,6	4,5	0	0
7,2	10,3	1,51	9
9,2	13,8	1,07	6,4
11	13,1	1,03	6,2

Il est intéressant de constater la différence qui existe entre les courbes de la figure 14 et celles de la figure 5.

Tandis que, dans la figure 5, la courbe correspondant aux protéides atteint un maximum vers pH 4-5, la courbe correspon-

dante dans la figure 14 a son maximum situé vers pH 1. Comment expliquer ce fait ?

Lorsqu'on utilise l'acide sulfurique, ce dernier réagit sur le chlorure de sodium de la solution et forme du sulfate de sodium à l'état d'ions. Or, on connaît l'action précipitante du sulfate de sodium vis-à-vis des protéides.

Lorsqu'on utilise l'acide sulfurique dans le but de précipiter les protéides, l'action du sulfate de sodium formé se surajoute à celle de l'acide sulfurique.

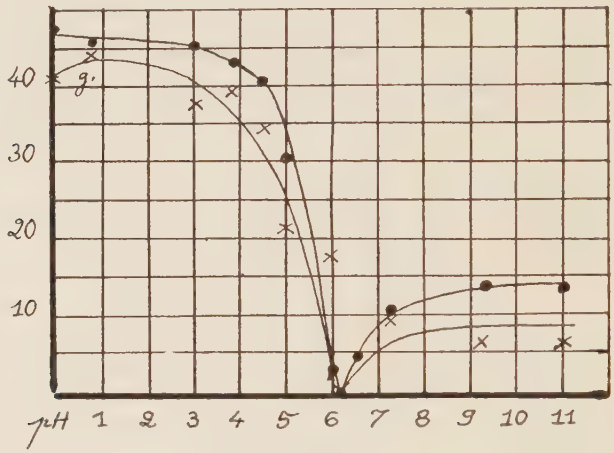

FIG. 14. — Courbes représentatives des variations des poids de substances totales (•) et de protéides (×) précipités à partir d'une solution extractive chlorurée (ayant épuisé 100 grammes de farine de tourteau d'Arachide), en fonction du pH. Notons que les pH inférieurs à 5,2 (pH initial) ont été obtenus à l'aide d'acide sulfurique.

La résultante de ces deux actions nous permet d'expliquer l'aspect différent des deux courbes.

Le tableau X et les courbes de la figure 14 montrent en outre qu'il existe dans l'Arachide des protéides insolubles en milieu alcalin.

Ceci nous explique pourquoi les solutions ayant un pouvoir extractif particulièrement intense, comme les solutions alcalines (CO_3Na_2, soude), n'arrivent jamais à extraire du tourteau la totalité des protéides, une fraction de ces derniers étant insoluble en milieu alcalin.

III. — Extraction rapide des protéides de l'Arachide.

Dans toutes les expériences précédemment exposées, nous avons toujours traité une certaine quantité de farine par cinq fois son poids de solution extractrice. Après un contact de deux heures, l'ensemble était centrifugé et le résidu était épuisé deux fois de suite par la solution extractive. Avant d'adopter cette technique, nous avions pris soin de vérifier qu'un nouveau traitement n'enlevait pratiquement plus aucune substance au résidu. Si cette technique permet d'obtenir de bons résultats, elle présente l'inconvénient d'être assez longue.

Il peut arriver que, pour des essais rapides et moins précis, on désire effectuer l'extraction du maximum de protéides en une seule opération.

Il était donc intéressant de préciser la quantité minima de solution extractrice qui devait être utilisée pour obtenir le meilleur rendement.

TABLEAU XI

Volume de la solution ayant épuisé 100 gr. de farine	Extrait total obtenu (gr.)
300 centimètres cubes	26,3
400 — —	31,4
500 — —	40,6
800 — —	50,2
1.000 — —	52,8
1.400 — —	50,8
2.000 — —	53,5

Nous avons préparé à cet effet un certain nombre d'échantillons de farine d'Arachide, auxquels nous avons ajouté des quantités variables de solution de chlorure de sodium à 6 %. Après deux heures d'agitation, nous avons porté l'ensemble à la centrifugation, et nous avons déterminé la quantité de substances solubilisées dans les eaux-mères.

Dans le tableau XI, nous avons réuni les résultats obtenus dans cette expérience; ils ont été ramenés à 100 grammes de farine traitée.

Aux résultats du tableau XI correspond la courbe de la figure 15.

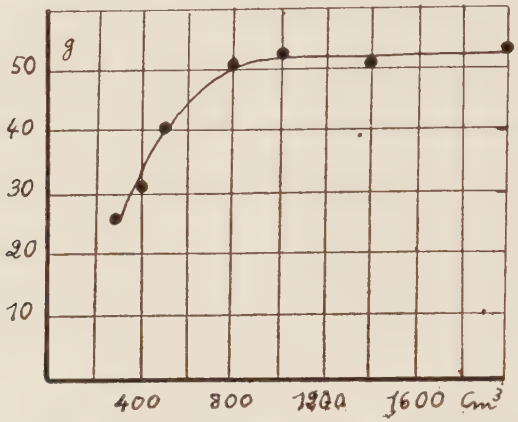

Fig. 15. — Courbe représentative des variations de poids de substances extraites de 100 grammes de farine d'Arachide, en fonction du volume de solution de NaCl à 6 % utilisé dans l'extraction.

Cet essai nous permet de conclure que si l'on veut effectuer l'extraction des protéides de l'Arachide en une seule opération, la farine doit être traitée par au moins huit fois son poids de solution extractrice.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES DU CHAPITRE V

Nous avons étudié dans ce chapitre l'influence du temps de contact entre la farine et la solution extractrice dans l'extraction des protéides de l'Arachide. Nous avons ensuite examiné l'influence de la nature de l'acide utilisé sur la précipitation de ces protéides.

Les résultats que nous avons obtenus montrent :

1° Que le temps de contact entre la farine et la solution extractrice doit être au moins d'une heure et au plus d'un jour.

2° Que le pH optimum pour lequel on obtient le maximum de protéides précipités varie avec la nature de l'acide utilisé pour cette précipitation (5,2 avec l'acide chlorhydrique, 2 avec l'acide sulfurique).

Enfin nous avons précisé les conditions dans lesquelles il faut opérer pour obtenir une extraction rapide des protéides de l'Arachide.

CHAPITRE VI

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR LA NATURE DES LIAISONS UNISSANT LES PROTÉIDES A D'AUTRES SUBSTANCES DANS LES CÉNAPSES

Les essais qui précèdent montrent que si l'on acidifie vers pH 5 une solution chlorurée ayant épuisé de la farine d'Arachide, une abondante fraction protéidique précipite.

Cette fraction n'est pas constituée par des protéides purs; elle ne contient, en effet, que 11 à 14 % d'azote; elle est formée par des protéides auxquels sont liés des glucides et des substances lipoïdiques.

Seul, un traitement énergique à l'alcool, puis à l'éther, peut arracher aux protéides les substances qui leur sont liées. Ces substances, nous avons pu le vérifier, sont constituées par des glucides et par des lipides.

Les lipides qui restent ainsi fixés aux protéides résistent à l'extraction par l'éther de pétrole. Il faut donc admettre qu'ils se trouvent dans un état particulier qui les rend hydrosolubles et inextractibles par leurs solvants habituels.

Un très grand nombre de théories [46] ont été proposées pour expliquer l'état particulier des lipides dans les diverses cénapses et leur stabilité en phase aqueuse.

A la suite de nombreuses recherches portant sur le sérum sanguin, Machebœuf et Sandor [48] ont constaté que, lorsqu'on ajoute au sérum de l'éther additionné de faibles quantités d'alcool, l'éther est susceptible, après un certain temps de contact, d'extraire des lipides primitivement inextractibles par ce solvant.

Après avoir étudié les modalités de ce phénomène, les auteurs ont pu échafauder une théorie cohérente sur la nature des liaisons unissant les lipides et les protéides. Ils pensent que les lipides et les protéides sont unis entre eux grâce à la solvatation réciproque de chaînes polyméthyléniques semblables appartenant les unes aux lipides et les autres aux protéides.

En étudiant l'action des savons, substances polyméthyléniques hydrosolubles, sur le sérum sanguin, Machebœuf et Tayeau [50-51] ont apporté de nouveaux arguments en faveur de cette hypothèse. En étudiant l'action des savons sur le sérum sanguin, ces auteurs ont remarqué que les savons sont susceptibles d'arracher les lipides des cénapses pour se souder à leur place.

En étudiant l'action des saponosides sur le sérum sanguin, Tayeau [84] a récemment montré que ces hétérosides, dont l'aglycone possède un cycle voisin du cyclopentènephénanthrène, sont capables d'arracher la totalité du cholestérol lié aux protéides sériques, sans déplacer les phosphatides. Ces résultats nous ont permis de préciser nos conceptions sur la nature des liaisons unissant les lipides aux protéides dans la matière vivante.

Nous nous sommes demandé si les liaisons qui, dans l'Arachide, unissent les lipides aux protéides n'étaient pas comparables à celles qui unissent ces mêmes constituants dans le sérum sanguin.

Après avoir préparé une solution chlorurée de protéides d'Arachide, nous avons préparé quatre ampoules à décantation.

Dans la première (A), nous avons placé 20 centimètres cubes de solution protéidique (correspondant à 5 grammes de farine d'Arachide) et 20 centimètres cubes d'éther. La seconde ampoule a reçu 20 centimètres cubes de solution protéidique et 20 centimètres cubes d'éther tenant en dissolution 2 centimètres cubes d'alcool.

Dans la troisième ampoule (C), nous avons ajouté, à 20 centimètres cubes de solution protéidique, 4 centimètres cubes de solution d'oléate de sodium à 20 %; nous avons mélangé, puis nous avons placé 20 centimètres cubes d'éther. Enfin, dans la quatrième ampoule (D), nous avons mis également 20 centimètres cubes de solution protéidique, à laquelle nous avons ajouté 2 cen-

timètres cubes de solution de saponoside à 10 %. Après agitation, nous avons placé 20 centimètres cubes d'éther.

Les ampoules ont été agitées de la même façon et laissées en repos.

Après six jours, nous avons recueilli les phases éthérées. Nous les avons lavées à l'eau distillée. Chaque solution éthérée ainsi lavée a été placée dans une fiole de Fourneau et l'éther a été chassé par évaporation.

Sur les quatre résidus, nous avons effectué des dosages de phosphore (technique de Machebœuf).

C'est alors qu'un résultat remarquablement net est apparu, ainsi que le montrent les dosages de phosphore dans les extraits éthérés :

Ampoule	A.....	Néant.
—	B.....	Traces.
—	C.....	0,39 mgr.
—	D.....	Néant.

L'éther seul n'est donc pas capable d'extraire les phosphatides liés aux protéides, et les saponosides sont sans action sur les cénapses phosphatidoprotéidiques (1).

Par contre, l'alcool et surtout les savons ont la propriété de décoller les phosphatides préalablement liés aux protéides.

Ces résultats sont comparables à ceux qui ont été obtenus pour le sérum sanguin.

Ils permettent de penser que, dans les cénapses lipidoprotéidiques de l'Arachide, les phosphatides sont unis aux protéides grâce à l'affinité réciproque que présentent leurs chaînes polyméthyléniques homologues, appartenant les unes aux phosphatides, les autres aux protéides.

(1) Nous avons vérifié que les phosphatides restent liés aux protéides.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES DU CHAPITRE VI

Nous avons montré, dans ce chapitre, que la presque totalité des protéides de l'Arachide se trouve à l'état de cénapses glucido-lipidoprotéidiques.

Les lipides sont unis aux protéides, grâce à des liaisons vraisemblablement identiques à celles que l'on rencontre dans le sérum sanguin.

CONCLUSIONS

CONCLUSIONS

C'est par une étude historique sur l'extraction des protéides d'Arachide et sur leur fractionnement que nous avons commencé ce travail.

Nous avons rappelé ensuite les travaux qui ont été effectués sur leur composition chimique et sur les caractéristiques physiques des divers protéides.

Après avoir passé en revue les constituants non protéidiques de l'Arachide, nous avons donné un bref aperçu sur l'utilisation du tourteau d'Arachide dans l'alimentation.

Nous avons effectué ensuite un certain nombre de recherches expérimentales sur l'extraction des protéides de l'Arachide.

Nous avons étudié à cet effet l'action des solutions de soude, de carbonate de sodium, de chlorure de sodium et de sulfite de sodium, et nous avons précisé pour chacune d'elles les conditions qui devaient être réalisées pour obtenir le meilleur rendement dans l'extraction des protéides.

L'étude systématique des divers procédés d'extraction nous a permis d'émettre quelques conclusions sur le comportement de ces protéides vis-à-vis des divers solvants.

L'existence, dans les fractions protéidiques, de substances lipoïdiques et glucidiques masquées à leurs solvants habituels, nous a incitée à terminer ce travail par quelques recherches sur la nature et la stabilité des liaisons unissant entre eux les divers constituants de ces fractions. Les expériences que nous avons effectuées à ce sujet nous ont permis de penser que des phosphatides sont unis aux protéides, grâce à l'affinité réciproque que présentent leurs chaînes polyméthyléniques homologues.

Vu, bon a imprimer :

Le Président,
M. Machebœuf.

Vu :

Le Doyen,
P. Mauriac.

Vu et permis d'imprimer :

Bordeaux, le 14 juin 1941.

L'Inspecteur général
de l'Enseignement supérieur,
Recteur de l'Académie,
A. Lirondelle.

BIBLIOGRAPHIE

1. Almad et Mac Cullum. — Cobalt content of some food materials from different parts of the United States. *Am. J. Hyg.* (1939), *29 A*, 24.

2. André. — Histoire de l'Arachide. *J. Ph. et Ch.* (1932), *16*, 390.

3. Ascham. — Peanut meal. Food value and uses. *Ga. Agr. Expt. Sta. Bull.* (1936), *195*, 3.

4. Baernstein. — The sulfur distribution in proteins. *J. of biol. Chem.* (1932), *97*, 669.

5. Baernstein. — The nutritional value of various protein fractions of the peanut. *J. of biol. Chem.* (1937), *122*, 781.

6. Balland. — Sur quelques essais de panification en vue de la continuité de la guerre. *C. R. A. Sc.* (1917), *164*, 712.

7. Basore. — Some potential industrial opportunities in the utilization of agricultural wastes in Alabana. *Bull. Alabana Polytech. Inst.* (1939), *34*, 12.

8. Battut. — Recherches expérimentales sur les protéides du sérum sanguin. *Thèse doctorat en pharmacie*, Bordeaux, 1939.

9. Block et Bolling. — Determination of threonine. *Proc. Soc. Expt. Biol. Med.* (1939), *40*, 770; et Microestimation of threonine. *J. of biol. Chem.* (1939), *130*, 315.

10. Bokorny. — Versuche über die Giftigkeit von Fettsaüren und anderen Zersetzungsprodukten von Fetten. *Chem. Cent.* (1911), *82* (3), 628.

11. Brand. — *Seifensieder Ztg.* (1914), *642*, 597 et 621.

12. Brun. — *Précis de matière médicale.* Doin, édit., Paris, 1936, 326.

13. Bunzo Rokusho, Richichi Panaka et Chiyoka Miyahara. — Various oil cakes produced in Mandchuria as a source of glutamic acid. *J. Agr. Chem. Soc. Japan* (1937), *13*, 916.

14. Carrison. — Formation de goitre par ingestion de Soja ou d'Arachide. *Indian Sc. med. Res.* (1933), *21*, 179.

14 *bis*. Chevalier. - L'Arachide en général. *Revue de Botanique appliquée et d'Agriculture tropicale* (1933), *13*, 689, et (1934) *14*, 565.

15. Daniels et Loughlin. — Feeding experiments with peanuts. *J. of Biol. Chem.* (1918), *33*, 295.

16. Denis. — *Mémoire sur le sang.* Paris, 1859, Baillière, édit.

17. D'Hara et Saunders. — Peanut meal nitrogenous constituants. Solubility of the nitrogenous constituants of certain seeds in sodium chloride solutions. *J. Am. Chem. Soc.* (1937), *59*, 352.

18. Fellenberg. — Sur la teneur en arsenic de substances alimentaires naturelles. *Chem. Centr.* (1930), *101* (1), 1239.

19. Fraps, Ray Treichler et Kemmerer. — Peanuts hay. Vitamin A potency of carotene content. *J. Agr. Research* (1936), *53*, 713.

20. French. — Compn. and digestibility of East Africa. Peanut meal. *Ann. Rept. Dept. Vit. Sc. Animal Husbandry, Tanganyka Territ.* (1935), 98.

21. Fuld et Spiro. — Ueber die labende und labhemmende Wirkung des Blutes. *Zeitschr. f. physiol.* (1900), *31*, 132.

22. Gouin. — Valeur nutritive des protéides d'Arachide de diverses origines. *C. R. Acad. Agr.* (1936), *22*, 386.

23. Guillemet et Houget. — *Rapport au Centre national de la Recherche scientifique appliquée.* Paris, 1940.

24. Guillemet, Reiss et Guilbot. — *Rapport au Centre national de la Recherche scientifique.* Paris, 1940.

25. Haupt. — Ein Beitrag zur Erkennung von Erdnüssen in Backwaren. *Chem. Centr.* (1911), *82* (1), 266.

26. Hirst et Jones. — Pectic substances. I. The araban and pectic acid of the peanut. *J. Chem. Soc.* (1938), 496.

27. Hirst et Jones. — Pectic substances. II. Isolation of an araban from the carbohydrate constituants of the peanuts. *J. Chem. Soc.* (1939), 452.

28. Hoffmann. — Peanut butter. *V. S.* 2079, 288 May. 4.

29. Hofmeister. — *Arch. f. exp. Path. u. Pharm.* (1888 à 1890), *24* à *28*.

30. Hoppe Seyler. — *Handbuch der phys. chem.* (1870), *3*, 176.

31. Hussey, Row et Allison. — Peanut Hulls, gazes from digestion of sewage. Virginia Eug. *Expt. Sta. Bull.* (1934), 18.

32. Jina Hsueh-Chin Pian. — Der biologische Wert der Eiweisstoffe von Phaseolus aureus Roxb Arachis Hypogæa L. var und glycine soja. *Chem. Centralb.* (1931), *102* (1), 1309.

33. Johns, Jones et Finks. — Nährwert von Eiweissmischungen aus Mais und verschiedenen Konzentraten. *Chem. Centr.* (1924), *95* (2), 1823.

34. Johns et Jones. — The Proteins of the peanut, Arachis hypogæa. *J. of the biol. Chem.* (1916-17), *28*, 77.

35. Johns et Jones. — The Proteins of the peanut, Arachis hypogæa. *J. of biol. Chem.* (1917), *30*, 33.

36. Johns et Jones. — The Proteins of the peanut, Arachis hypogæa. Hydrolysis of arachin. *J. of biol. Chem.* (1918), *36*, 431.

37. Johns et Jones. — Les protéines de l'Arachide. *J. Ph. et Ch.* (1918), *17*, 118.

38. Jones et Watermann. — Studies on the digestibility of proteins *in vitro* on the chemical nature of the nutritional deficiencies of arachin. *J. of. biol. Chem.* (1922), *52*, 357.

39. Jukes. — Peanut meal (Lactoflavin in). *J. Nutrition* (1937), *14*, 223.

40. King et Cotter. — Value of peanuts and peanut meal in rations for chickens. *Ala. Agr. Expt. Sta. Cic.* (1937), *80*, 3.

41. Kline, Bird, Helvelyem et Hart. — Vitamine B_4 in Peanuts. *J. Nutrition* (1936), *12*, 455.

42. Krüger. — Die Gifwirkung von Pressrückstanden der Erdnussölfabrikation. *Chem. Central.* (1906), *55* (1), 1625.

43. Kumagawa et Suto. — *Bioch. Z.* (1908), *8*, 212.

44. Kryz. — Réaction colorée des enveloppes de graines d'Arachide et de Noisette. *Chem. Centr.* (1922), *4*, 738.

45. Machebœuf. — Méthode permettant le dosage exact du phosphore dans de petites quantités de sang. *Bull. Soc. Chim. biol.* (1926), *8*, 464.

46. Machebœuf. — *Etat des lipides dans la matière vivante. Les cénapses et leur importance biologique.* Hermann, édit., Paris, 1937.

47. Machebœuf. — *Rapports sur l'Arachide. Centre national de la Recherche scientifique.* Paris, 1940.

48. Machebœuf et Sandor. — Recherches sur la nature et la stabilité des liaisons lipides-protéides du sérum sanguin. Etude de l'extraction des lipides par l'éther en présence d'alcool. *Bull. Soc. Chim. Biol.* (1932), *14*, 1168.

49. Machebœuf et Tayeau. — Sur l'état des lipides et du cholestérol dans le sérum sanguin. Destruction de certaines cénapses lipidoprotéidiques et libération de leurs substances lipoïdiques par un savon. *C. R. Ac. Sc.* (1938), *206*, 860.

50. Machebœuf et Tayeau. — Libération des lipides de certaines cénapses lipidoprotéidiques du sérum sanguin par divers savons. *C. R. Soc. Biol.* (1938), *129*, 1181.

51. Machebœuf et Tayeau. — Méthode permettant de délipider, sans les dénaturer, les globulines du sérum sanguin. Application à l'étude du rôle des lipides dans le fractionnement des globulines en euglobulines et pseudo-globulines. *C. R. Soc. Biol.* (1938), *129*, 1184.

52. Machebœuf, Tayeau et Battut. — Comparaison des diverses techniques de séparation et de dosage des globulines et de leurs fractions dans le sérum sanguin. Considérations sur la définition des termes « globulines », « euglobulines » et « pseudoglobulines ». *C. R. Soc. Biol.* (1939), *130*, 81.

54. Marcus Emil. — Ueber in Wasser lösliches serum globulin. *Zeitschr. f. physiol. chemie* (1899), *28*, 559.

55. Menzies. — Applications of Thallium compounds in organic chemistry. *J. of the chem. Soc.* (1926), 937.

56. Mitchell, Burroughs et Beadles. — *J. Nutrition* (1936), *11*, 257.

57. Miyama. — *J. dep. agric. Kunshur univer.* (1935), *4*, 200.

58. Mooser. — Ueber ein neues Alkaloïd. *Chem. Centralb.* (1905), *1*, 118.

59. Osborne. — *The vegetable proteins.* London (1909), 57.

60. Osborne. — *Ergebn. Physiol.* (1910), *10*, 116.

61. Osborne et Clapp. — Hydrolysis of legumin from the pea. *J. of biol. Chem.* (1907), *3*, 219.

62. Osborne et Jones. — Some modifications of the method in use for determining the quantity of mono-amino-acids yielded by proteins when hydrolysed with acids. *Am. J. Physiol.* (1910), *26*, 227.

63. Osborne et Mendel. — Amino-acids in nutrition and growth. *J. of biol. Chem.* (1914), *17*, 325.

64. Osborne, Van Slyke, Leavenworth et Vinograd. — Some products of hydrolysis of gliadin, lactalbumin and the protein of the rice Kernel. *J. of biol. Chem.* (1915), *22*, 259.

65. Panum. — Ueber einen constanten, mit dem Casein übereinsimmenden Bestandtheil des Blutes. *Virchow. Arch.* (1851), *3*, 251.

65 *bis*. Papy. — Les Landes, terre d'expérience au temps du Premier Empire. *Revue philomatique de Bordeaux et du Sud-Ouest* (1933). Résumé dans « Paysages et gens des Landes », par Pringent et Papy. Chabas, édit., Hossegor (Landes).

66. Polonovski et Lespagnol. — *Eléments de chimie organique biologique.* Masson, édit., Paris, 1934, p. 410.

67. Porges et Spiro. — *Beitr. z. chem. Physiol. u. Path.* (1903), *3*, 277.

68. Quinan. — *Beitr. z. chem. Physiol. u. Path.* (1905), *5*, 95.

69. Ranke. — A feeding experiment with bulky beets and those rich in nutrients. *Deut. landw. Tierzucht* (1938), *42*, 533.

70. Ritthausen. — *J. f. prakt. chem.* (1864), *85*, 193; *86*, 257, et *88*, 141.

71. Ritthausen. — *J. f. prakt. chem.* (1868), *103*, 65.

72. Ritthausen. — Ueber die Eiweisskörper verschiedener Oelsamen. *Archiv. für die gesam. Physiol. des menschen und der thiere* (1880), *21*, 81.

73. Rose. — Nutritive significance of the amino-acids and certain related compounds. *Sciences* (1937), *86*, 298.

74. Rose, Kemmerer, Womack, Metz, Gunther, Mac Boy et Meyer. — The relation of methionine in growth. *Proc. Am. Soc. Biol. Chem.* (1936), *8*, 135, et *J. of Biol. Chem.* (1936), t. 121 (nombreux mémoires).

75. Sachsse. — *Die Farbstoffe, Kohlenhydrate und Proteinsubstanzen*, 136.

75 *bis*. Sandstrom. — Recherches physicochimiques sur les protéides. Etude comparative des liaisons acides et acalines de protéides naturels et désaminés. *J. Physic. Chem.*, *34*, 1071.

76. Satow. — Researches on oil and Proteids extraction from Soy-Bean. *Technology reports Tohoku.* Imp. Univ. (Japan) (1921), *2*, n° 2.

77. Savu Timariu. — Protein utilization from peanut meal, by growing cattle. *Landw Vers. Sta.* (1938), *129*, 124.

78. Schmidt. — *Reichters u du Bois-Raymonds Archiv.* (1862).

79. Schneider et Bock. — *Ber.* (1937), *70*, 1617.

80. Sherwood et Halverson. — A critical evaluation of the rat-growth method for determining vitamine B and its content in meals from certain oily seeds. *J. Agr. Research* (1938), *56*, 927.

81. Shifrin. — Biochemistry of Arachis. *Biokhimiya Kul'turnykh Kastenir* (1938), *3*, 301.

82. Smuts et Marais. — Nutritional value of Plant Proteins. The supplementary effect among certain plant proteins. *Onderstepoort S. Vet. Sc. Animal Ind.* (1938), *11*, 151.

82 *bis*. Sure. — Amino-acids in nutrition : Studies on proline : is proline a growth-limiting factor in arachin ? *J. of biol. Chem.* (1920), *43*, 443.

83. Tayeau. — Recherches sur la nature, la stabilité et le rôle biologique des liaisons unissant les lipides aux protéides dans le sérum sanguin. *Thèse doctorat ès sciences*, Bordeaux, 1939.

84. Tayeau. — Sur l'état du cholestérol dans le sérum sanguin. Des-

truction des cénapses cholestéroprotéidiques par les saponosides. *C. R. Ac. Sc.* (1941), 212, 575.

85. Tayeau. — Recherches sur la séparation des deux principales fractions protéidiques de l'Arachide. *C. R. Soc. Biol.* (1941), *135*, 591.

86. Tayeau. — Les points isoélectriques des deux principales fractions protéidiques de l'Arachide. *C. R. Soc. Biol.* (1941), *135*, 595.

87. Thiodet et Ribère. — Nécessité d'une normalisation des définitions et des méthodes pour le dosage des protéines du sérum sanguin. *Bull. Soc. Chim. Biol.* (1938), *20*, 495.

88. Van Den Bergue. — Analyse du tourteau d'Arachide décortiqué. *Ann. Int. Falsif* (1904), *18*, 104.

89. Vilbrandt, Mather et Dicks. — *Ind. Eng. Chem.*, *32*, 169.

90. Von Euler et Ahlström. — Ueber die oxydationsgrösse Vitam. A haltiger Stoffe. *Hoppe Seyler's Z. f. Physiol. Chem.* (1931), *204*, 168.

91. Weyl. — Beitrage zur Kenntniss Thierischer und pflanzlicher Eiweisskörper. *Zeitschr. f. phys. chemie* (1877), *1*, 72.

92. Yanowsky. — Hemicellulose extn from peanuts shells. *Ind. Eng. Chem.* (1939), *31*, 95.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 5

PREMIÈRE PARTIE

Etude historique.

CHAPITRE PREMIER

Les protéides de l'Arachide.

1° Méthodes d'extraction des protéides du tourteau d'Arachide en vue de leur étude 11
2° Séparation des diverses fractions 12
3° Caractéristiques chimiques 14
4° Caractéristiques physiques 16
Conclusions générales du chapitre premier 16

CHAPITRE II

Les constituants non protéidiques de l'Arachide.

Glucides 18
Alcaloïde 19
Eléments minéraux 19
Vitamines 19
Produits divers 20
Conclusions générales du chapitre II 20

CHAPITRE III

Valeur alimentaire du tourteau d'Arachide et croissance.

Digestibilité des protéides de l'Arachide 22
Le tourteau d'Arachide comme aliment de complément 22
Conclusions générales du chapitre III 23

Deuxième Partie

Recherches expérimentales.

Chapitre IV

L'extraction des protéides de l'Arachide.

1° Extraction par les alcalis 27
Conclusion sur l'extraction des protéides de l'Arachide par les solutions alcalines 31
2° Extraction par le carbonate de sodium 32
Conclusion sur l'extraction des protéides de l'Arachide par les solutions de carbonate de sodium 35
3° Extraction par le chlorure de sodium 35
Conclusion sur l'extraction des protéides de l'Arachide par les solutions de chlorure de sodium 44
4° Extraction par le sulfite de sodium 44
Conclusion sur l'extraction des protéides de l'Arachide par les solutions de sulfite de sodium 47
5° Comparaison de l'action des diverses solutions extractives 48
Conclusions générales du chapitre IV 50

Chapitre V

Etude des modalités d'extraction des protéides du tourteau d'Arachide.

1° Influence du temps de contact entre la farine et le liquide extractif. 52
2° Influence de la nature de l'acide utilisé dans la précipitation des protéides de l'Arachide 55
3° Extraction rapide des protéides de l'Arachide 57
Conclusions générales du chapitre V 58

Chapitre VI

Recherches expérimentales sur la nature des liaisons unissant les protéides à d'autres substances dans les cénapses.

Conclusions générales du chapitre VI 63

Conclusions 67

Bibliographie 69

Table des matières 75

F. SOULISSE-MARTIN, IMP. - NIORT.